
УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 5

2017

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор

РИНЦ – 0,906

Журнал издается с 2001 г.

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

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

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,906.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

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

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

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

Подписано в печать – 31.05.2017

Формат 60х90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Митронова Л.М.
Корректор
Кошелева Ж.В.

Способ печати – оперативный.
Усл.п.л. 17,38
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/5-2017
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ СОИ <i>Воронкова Н.А., Мирошниченко А.А., Скрипко Т.В., Волкова В.А., Цыганова Н.А.</i>	7
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ 4-АМИНОПИРАЗОЛОВ НА РОСТ МИКРООРГАНИЗМОВ <i>Любашкин А.В., Ефимов В.В., Бондарь П.Н., Алаудинова Е.В., Субоч Г.А., Товбис М.С.</i>	12
КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА И 3-ХЛОРФЕНОЛА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НА ТИ АНОДАХ С РТ, СЕРТ, СВРТ ПОКРЫТИЯМИ <i>Салех М.М., Заев Д.А., Михаленко И.И.</i>	17
ОСОБЕННОСТИ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИФЕНИЛАМИНА НА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОДАХ И МЕТОДИКА ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРОДУКТАХ ВЫСТРЕЛА <i>Слепченко Г.Б., Сорокин И.А., Нехорошев С.В.</i>	24

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ИВ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО <i>Гетманец И.А., Артеменко Б.А.</i>	29
ПЕРВИЧНЫЕ СУКЦЕССИИ ЛЕСОВ БЛИЗ СЕВЕРНОГО ПОЛЯРНОГО КРУГА (НИЖНЯЯ ЛЕНА, ЯКУТИЯ) <i>Ефимова А.П.</i>	36
ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА КАПУСТНЫХ (BRASSICACEAE BURNETT) ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНЫХ ШТАММОВ <i>Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А.</i>	41
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИБРИДНОГО ПОТОМСТВА В РЕЦИПРОКНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ <i>Медодьев Г.А., Самаркин А.А.</i>	46
ОПЫТ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКА ИМЕНИ БОРЦОВ РЕВОЛЮЦИИ «СОКОЛОК» ГОРОДА БИРСК (РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН) <i>Минина Н.Н., Шангареева Д.Ю., Рябова Т.Г., Черных И.В., Антипин И.А., Хакимова Р.Р.</i>	51
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭМБРИОНАЛЬНОЙ ПЛОДОНОСНОСТИ ГЛАЗКОВ ВИНОГРАДА <i>Никольский М.А.</i>	56
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ КАК ОБЪЕКТ СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ <i>Пак Л.Н.</i>	61
ГОРИМОСТЬ ЛЕСОВ ВЕРХОЯНСКОГО РАЙОНА (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ) <i>Протопопова В.В., Габышева Л.П.</i>	66

Науки о Земле (25.00.00)

КОЛЕБАНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, ПО ДАННЫМ Г. МАХАЧКАЛА/УЙТАШ В 1882–2015 ГГ. <i>Андреев С.С., Попова Е.С.</i>	72
ВЫДЕЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ИХ ОСТРОВНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПО ТЕПЛОВЫМ КАНАЛАМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT-7 ETM+ <i>Борисов Б.З., Фёдоров П.П., Чикидов И.И., Десяткин А.Р.</i>	78
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЯКУТИИ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ <i>Бурцева Е.И., Петрова А.Н.</i>	83

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ТРЕБОВАНИЯМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Гонтарев М.В., Малов А.И.</i>	89
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СТЕПЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ <i>Дубынина С.С.</i>	95
ВЗАИМОСВЯЗЬ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВОДНОГО БАЛАНСА И ХАРАКТЕРА УРОВЕННОГО РЕЖИМА В РАЙОНЕ ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>Китаев А.Б., Шайдулина А.А.</i>	101
ПАЛЕОЛИМОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ БЕЛОМОРО-БАЛТИЙСКОГО ВОДРАЗДЕЛА <i>Кублицкий Ю.А., Кулькова М.А., Брылкин В.В., Шаталова А.Е., Королёв И.А., Орлов А.В., Субетто Д.А., Климов С.И., Шорина Н.В., Чупаков А.В.</i>	106
ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА <i>Науменко М.А., Каретников С.Г.</i>	114
ДЕЗИНТЕГРАЦИЯ МЕРЗЛЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ <i>Рукович А.В., Рочев В.Ф.</i>	123
РАЗВИТИЕ ТРЕТИЧНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА (НА ПРИМЕРЕ КРУПНОГО ГОРОДА) <i>Семина И.А.</i>	128
КРУПНОМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВИСИМСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА <i>Скок Н.В., Янцер О.В.</i>	134

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES OF SOYBEAN PLANTS <i>Voronkova N.A., Miroshnichenko A.A., Skripko T.V., Volkova V.A., Tsyganova N.A.</i>	7
STUDY OF 4-AMINOPYRAZOLES INFLUENCE ON THE GROWTH OF PATHOGENS <i>Lyubyashkin A.V., Efimov V.V., Bondar P.N., Alaudinova E.V., Suboch G.A., Tovbis M.S.</i>	12
KINETIC'S STUDY OF PHENOL AND 3-CHLOROPHENOL OXIDATION IN AQUEOUS SOLUTIONS ON TI ANODES WITH PT AND CEPT COATINGS <i>Saleh M.M., Zaev D.A., Mikhalenko I.I.</i>	17
FEATURES OF VOLTA-PEROMETRIC DETERMINATION OF DIPHENYLAMINE ON CARBON-CONTAINING ELECTRODE AND THE METHOD OF ITS DEFINITION IN PRODUCTS SHOT <i>Slepchenko G.B., Sorokin I.A., Nekhoroshev S.V.</i>	24

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

ECO-COENOTIC GROUPS OF WILLOWS IN THEIR ECOLOGICAL SPACE <i>Getmanets I.A., Artemenko B.A.</i>	29
PRIMARY FOREST SUCCESSIONS NEAR THE ARCTIC POLAR CIRCLE (THE LOWER LENA, YAKUTIA) <i>Efimova A.P.</i>	36
INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PLANTS OF THE BRASSICACEAE FAMILY BY INOCULATION OF SEEDS WITH BACTERIAL PREPARATIONS ON THE BASIS OF ASSOCIATIVE STRAINS <i>Lebedev V.N., Vorobeykov G.A., Uraev G.A.</i>	41
COMPARATIVE ANALYSIS HYBRID PROGENY FROM RECIPROCAL CROSSES POTATO VARIETIES DIETARY DIRECTIONS <i>Mefodyev G.A., Samarkin A.A.</i>	46
EXPERIENCE OF ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE PARK NAMED FIGHTERS REVOLUTION «SOKOLOK» BIRSK CITY REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN <i>Minina N.N., Shangareeva D.Y., Ryabova T.G., Chernykh I.V., Antipin I.A., Khakimova R.R.</i>	51
USING THE METHOD OF MICROFOCUS X-RAY AT THE ESTIMATION OF THE EMBRYONIC FRUIT VARNITY OF THE VINEYARD BUDS <i>Nikolskiy M.A.</i>	56
GEOGRAPHIC CULTURE AS AN OBJECT OF CONSERVING BIOLOGICAL DIVERSITY IN THE LARCH IN ZABAYKALSKY KRAI <i>Pak L.N.</i>	61
INFLAMMABILITY ON THE VERKHOYANSK FORESTRY (NORTHEAST YAKUTIA) <i>Protopopova V.V., Gabysheva L.P.</i>	66

Earth sciences (25.00.00)

FLUCTUATIONS IN MEAN ANNUAL AIR TEMPERATURE ACCORDING MAKHACHKALA/UYTASH IN 1882–2015 <i>Andreev S.S., Popova E.S.</i>	72
ISOLATION OF PERMAFROST IN THE AREA OF THEIR SPORADIC DISTRIBUTION USING THERMAL CHANNELS OF LANDSAT-7 ETM + SATELLITE IMAGES <i>Borisov B.Z., Fedorov P.P., Chikidov I.I., Desyatkin A.R.</i>	78
ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE NORTHERN YAKUTIA IN THE INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND GLOBAL WARMING <i>Burtseva E.I., Petrova A.N.</i>	83

ASSESSMENT OF MINERAL WATER CONFORMITY TO RADIATION SAFETY REQUIREMENTS <i>Gontarev M.V., Malov A.I.</i>	89
CLIMATIC FLUCTUATIONS AND CHANGE OF RESERVES OF GREEN MASS OF STEPPES OF SOUTH-EASTERN TRANSBAIKALIA <i>Dubynina S.S.</i>	95
INTERRELATION OF THE WATER BALANCE AND THE CHARACTER OF THE LEVEL REGIME IN THE AREA OF VARIABLE BACKWATER OF THE KAMA WATER RESERVOIR <i>Kitaev A.B., Shaydulina A.A.</i>	101
PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTION OF NATURAL CONDITIONS OF THE WHITE SEA-BALTIC WATERSHED <i>Kublitsky U.A., Kulkova M.A., Brylkin V.V., Shatalova A.E., Korolev I.A., Orlov A.V., Subetto D.A., Klimov S.I., Shorina N.V., Chupakov A.V.</i>	106
THE FEATURES OF MULTI-YEAR VARIATIONS OF AIR TEMPERATURE IN THE NORTH OF LAKE LADOGA <i>Naumenko M.A., Karetnikov S.G.</i>	114
DISINTEGRATION OF FROZEN CLAY ROCKS UNDER THE INFLUENCE OF CHEMICAL FIELDS AND THE AQUATIC ENVIRONMENT <i>Rukovich A.V., Rochev V.F.</i>	123
DEVELOPMENT OF TERTIARY SECTOR AND ORGANIZATION OF URBAN PUBLIC SPACE (ON THE EXAMPLE OF LARGE CITY) <i>Semina I.A.</i>	128
LARGE-SCALE LANDSCAPE MAPPING OF THE TERRITORY VISMINSKIY BIOSPHERE RESERVE <i>Skok N.V., Yantser O.V.</i>	134

УДК 581.192:635.655

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ СОИ

^{1,2}Воронкова Н.А., ¹Мирошниченко А.А., ¹Скрипко Т.В., ²Волкова В.А., ²Цыганова Н.А.

¹ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск;

²ФГБНУ «СибНИИСХ», Омск, e-mail: shansiya@rambler.ru

В настоящей работе выявлены определенные закономерности и зависимости химического состава листьев растений сои от содержания элементов питания в почве и доз минеральных удобрений, величины и качества урожая. Установлено, что внесение минеральных удобрений и содержание подвижных форм в почве оказывает влияние на концентрацию как валовых, так и минеральных форм элементов питания в листе растений. Корреляционный анализ показал, что между дозами азотных удобрений и содержанием подвижного фосфора в почве и валовым содержанием элементов питания существует линейная зависимость. Получены математические закономерности, отображающие взаимосвязи содержания N, P, K в системе «почва-растение», дают возможность быстро, с достаточной точностью определять дозы минеральных удобрений для основного внесения и для коррекции режима питания в период вегетации. Полученные результаты позволяют по ходу процесса роста и развития растений диагностировать потребность в элементах питания и этим самым избежать чрезмерной концентрации химических веществ в почве и растениях и снизить затраты на удобрения.

Ключевые слова: химический состав, листья, соя, элементы питания, минеральные удобрения, урожайность

CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES OF SOYBEAN PLANTS

^{1,2}Voronkova N.A., ¹Miroshnichenko A.A., ¹Skripko T.V., ²Volkova V.A., ²Tsyganova N.A.

¹Omsk State Technical University, Omsk;

²SibNIISKH, Omsk, e-mail: shansiya@rambler.ru

In the present work certain regularities and dependences of the chemical composition of soy plants' leaves from the content of nutrition elements in the soil and doses of mineral fertilizers, the size and quality of the crop are revealed. It is established that the application of mineral fertilizers and contents of mobile forms in the soil affect on the concentration of both gross, and mineral forms of nutrients in the leaf of plants. Correlation analysis showed that there is a linear relationship between the doses of nitrogen fertilizers and contents of mobile phosphorus in the soil and the gross nutrient contents. Obtained mathematical regularities showing the relations of the content of N, P, K in the system soil-plant, enable with sufficient accuracy to determine the amounts of mineral fertilizers for the main application and for the correction of diet during the growing season. The obtained results allow to diagnose the need for nutrition elements during the process of growth and development of plants, and thereby to avoid excessive concentration of chemicals in soil and plants and reduce fertiliser costs.

Keywords: chemical composition, leaves, soybeans, batteries, fertilizers, yield

В настоящее время многие исследования [3, 5, 10] направлены на установление математических зависимостей, связывающих урожайность и качество продукции с количеством применяемых удобрений. Нарушение баланса минеральных веществ в почве неизбежно приводит к изменению химического состава и к нарушению жизненных процессов внутри растений, а следовательно, и к ухудшению качества урожая.

Почвенно-растительная диагностика [3, 5] позволяет осуществлять оптимизацию минерального питания почв, воздействующего на формирование урожая. Оптимизация питания базируется на концепции единства почвы и растения и обеспечивает получение планируемых или запланированных урожаев при минимальном использовании удобрений. Почвенно-растительная диагностика базируется на трех принципах:

1) почвенная диагностика – установление обеспеченности растений макро- и микроэлементами до сева (посадки);

2) растительная диагностика – контроль питания растений в период их активного роста и развития в связи с влиянием факторов внешней среды;

3) прогнозирование величины биологической полноценности продукции по формулам листового или тканевого анализа.

Почвенно-растительная диагностика позволяет разработать систему применения питательных веществ, которая приведет к поднятию урожайности и повышению качества продукции, а также позволяет провести исследования химического состава почв и растения.

О потребности растений в питательных веществах можно судить по химическому составу целого растения или листа индикатора [1, 4, 7]. Именно в листьях синтезируется органическое вещество урожая, поэтому анализ листьев дает наиболее точную информацию об обеспеченности растений элементами питания. Исследования, проведенные с зерновыми, овощными и рядом

кормовых культур показали, что содержание питательных веществ в целом растении хорошо отражается на химическом составе определенного листа и химический состав почвы и растения (листа) коррелирует с величиной и качеством урожая [3, 5, 8–10].

Кроме того, некоторые авторы считают, что анализ целого растения часто является не лучшим способом для диагностирования недостатка, избытка или несбалансированности элементов питания в растениях, так как отдельные органы, исполняя различные физиологические функции, различаются химически, и поэтому анализ целых растений может представить не четко выраженную информацию о питании растений. В связи с этим информация о питании растений хорошо отражается в химическом составе определенного листа [8].

Для диагностики питания растений рекомендуют использовать листья нижнего яруса, которые закончили рост, но физиологически активны [8]. Хотя старые ткани могут быть полезными для выявления недостатка некоторых минеральных элементов, все же листья, находящиеся в фазе активного роста, по всей вероятности, лучше позволяют определить текущее снабжение растений питательными веществами. Кроме того, взятие растительных образцов из листьев нижнего яруса затруднено ввиду частых поломок их при междурядных обработках, а также загрязнения и загнивания от соприкосновения с почвой.

Целесообразность использования листа в растительной диагностике, по мнению Ю.И. Ермохина [3, 4], обусловлена следующим: это физиологически наиболее активный орган; изменения в химическом составе в процессе его онтогенеза почти те же, что и в целом растении; характеризует определенный физиологический возраст растений; взятие проб не причиняет серьезного вреда растению.

Известно, что химический состав растений подвержен большому сезонному варьированию. В связи с этим, важным является установление фазы развития культуры, пригодной для отбора растительных образцов в диагностических целях. Необходимо как можно раньше выявить нарушение питания, чтобы иметь возможность его исправить. Ю.И. Ермохин [5] отмечает, что для того, чтобы обеспечить формирование наилучшего урожая, надо проводить химический анализ листьев в ранний период развития – в фазу быстрого роста и накопления органического вещества.

В этой связи цель работы – установление закономерности химического состава листьев растений сои от содержания элементов питания в почве и величиной и качеством урожая семян сои.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на опытном полигоне лаборатории агрохимии ФГБНУ «СибНИИХ», расположенном в южной лесостепи Западной Сибири. В качестве объекта исследования выбраны растения сои, почва и минеральные удобрения (азотно-фосфорно-калийные), связанные в единый комплекс метеорологических условий и агротехнических мероприятий.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 6,3–6,7% (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия (по Чиринову) – 98–103 и 325–350 мг/кг почвы, соответственно, рН водный – 6,6–6,8.

Цель исследования реализована в стационарном полевом опыте, заложенном методом расщепленных делянок. Повторность – трехкратная. В схему опыта включены два фактора: фосфорный фон и внесение азотных удобрений. В опыте высевался районированный сорт сои – СибНИИК-315. В растениях по фазам роста и развития определяли содержание валовых азота, фосфора и калия из водной вытяжки по В.В. Пиневицу. Свежие растительные образцы анализировали на содержание нитратного азота (N_n), неорганического фосфора (P_n) и свободного калия (K_c). Содержание нитратного азота в почве устанавливали по методу Грандваль-Ляжа, подвижного фосфора и обменного калия из одной вытяжки по Чирикову [6].

Результаты исследований статистически обработаны методами корреляционного и регрессионного анализов [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Для установления индикаторной фазы отбора и физиологически наиболее чувствительного яруса листовых пластинок растений сои были отобраны растительные образцы и проанализированы на содержание в них N_n , P_n и K_c . Химический состав листьев растений сои в фазы цветения и образования бобов обработан математически с установлением степени сопряженности химического состава листьев с урожайностью семян сои (табл.). Установлено, что отбор растительных проб с целью текущего контроля следует проводить в фазу цветения, в этот период роста растения устанавливается тесная положительная корреляционная связь ($r = 0,649 - 0,834$) между содержанием питательных веществ в листьях и урожайностью. Вероятно, это связано с тем, что с начала фазы цветения соя начинает интенсивно потреблять элементы питания.

Корреляционная связь химического состава листьев сои в разные фазы развития растений с продуктивностью

Ярус листьев	Опыт	Фаза развития растения					
		цветение			образование бобов		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Нижний	1	0,888	0,643	– 0,217	0,338	0,806	– 0,696
	2	– 0,109	0,672	0,077	0,681	0,798	– 0,545
	3	– 0,283	0,809	– 0,846	– 0,183	0,823	– 0,184
Средний	1	0,802	0,649	– 0,595	0,273	0,736	0,017
	2	– 0,159	0,834	– 0,454	0,126	0,831	– 0,182
	3	– 0,326	0,740	– 0,547	– 0,170	0,810	– 0,392
Верхний	1	0,806	0,483	– 0,424	0,592	0,242	– 0,167
	2	0,235	0,945	– 0,215	– 0,209	0,837	0,400
	3	– 0,205	0,264	– 0,283	– 0,787	0,889	– 0,352

Следует отметить, что корреляционная связь между содержанием нитратного азота и урожаем различается по годам. В первый год исследований корреляционный коэффициент в фазу цветения равнялся 0,802–0,888, а во второй и третий года – отсутствовал для всех ярусов листьев.

В фазу образования бобов у растений сои степень сопряженности урожайности сои и минеральной формы азота слабая или вообще отсутствует для всех ярусов листьев. Связь между продуктивностью сои и неорганическим фосфором высокая (0,736–0,889) и более стабильна по годам. Корреляционной связи между свободным калием и урожайностью сои не установлено.

Таким образом, для диагностики условий питания сои необходимо отбирать листья среднего яруса в фазу цветения.

Кроме того, опытным путем выявлено, что внесение минеральных удобрений и содержание подвижных форм в почве оказывает влияние на концентрацию как валовых, так и минеральных форм элементов питания в органе-индикаторе (рис. 1, 2). Концентрация минерального и валового азота в листьях среднего яруса растений сои увеличилась с внесением азотных удобрений, без существенных различий по фосфорным фонам. С повышением фосфорного фона содержание минеральных и валовых форм фосфора в органе-индикаторе аналогично азоту увеличивается.

Математическая обработка аналитических данных показала, что зависимости концентрации валовых и минеральных форм азота и фосфора в листьях сои (фаза цветения) от доз азотных удобрений и фонов удобренности по фосфору носят линей-

ный характер ($r = 0,824 - 0,974$) и описываются уравнениями:

– зависимости концентрации валовых азота и фосфора в листьях сои:

$$Y_N = 4,64 - 0,005 \cdot X_1, r = 0,824, \quad (1)$$

$$Y_P = 0,675 - 0,015 \cdot X_2, r = 0,974, \quad (2)$$

– зависимости концентрации минеральных форм азота и фосфора в листьях сои:

$$Y_N = 29,48 - 0,056 \cdot X_1, r = 0,905, \quad (3)$$

$$Y_P = 84,085 - 2,457 \cdot X_2, r = 0,938, \quad (4)$$

где X_1 – доза азота, кг/га; X_2 – содержание подвижного фосфора в почве, мг/100 г.

Полученные уравнения регрессии (1–4) позволяют прогнозировать состав органа индикатора в зависимости от содержания веществ в ранние фазы и вносить соответствующие коррективы в процесс питания.

Таким образом, установленные закономерности и зависимости химического состава органа индикатора от содержания элементов питания в почве и доз минеральных удобрений вполне позволяют в определенных пределах в благоприятных условиях возделывания растений прогнозировать будущий химический состав растительной продукции и делать выводы об эффективности внесения удобрений под культуры.

Изучение количественной взаимосвязи между внутренней концентрацией неорганических форм и валовым содержанием питательных веществ в листьях и подвижных питательных веществ во внешней среде (почве) позволят более глубоко изучить особенности минерального питания сои.

Было выявлено, что растения, располагая резервными минеральными формами питательных элементов в тканях листа, при благоприятных внешних условиях содержат и высокий процент валового содержания питательных веществ. Для фазы цветения выявлены высокие и средние коэффициенты корреляции и соответственные урав-

нения регрессии, показывающие степень сопряженности между величиной неорганических и валовых форм элементов питания. Располагая такими данными, можно проверить и уточнить оптимальные величины и соотношения элементов питания валовых или минеральных элементов в листьях и целых растениях.

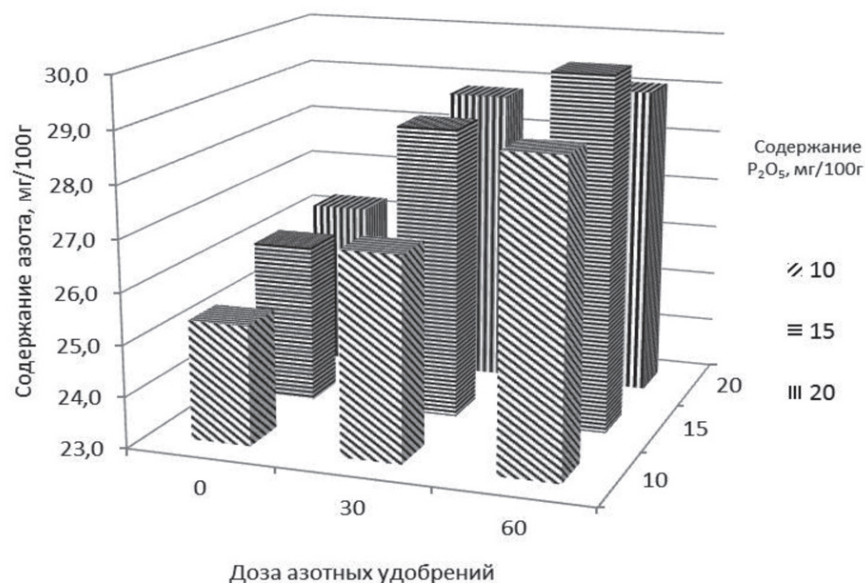


Рис. 1. Содержание N_n в листьях сои в зависимости от доз азотных удобрений и фосфорных фонов

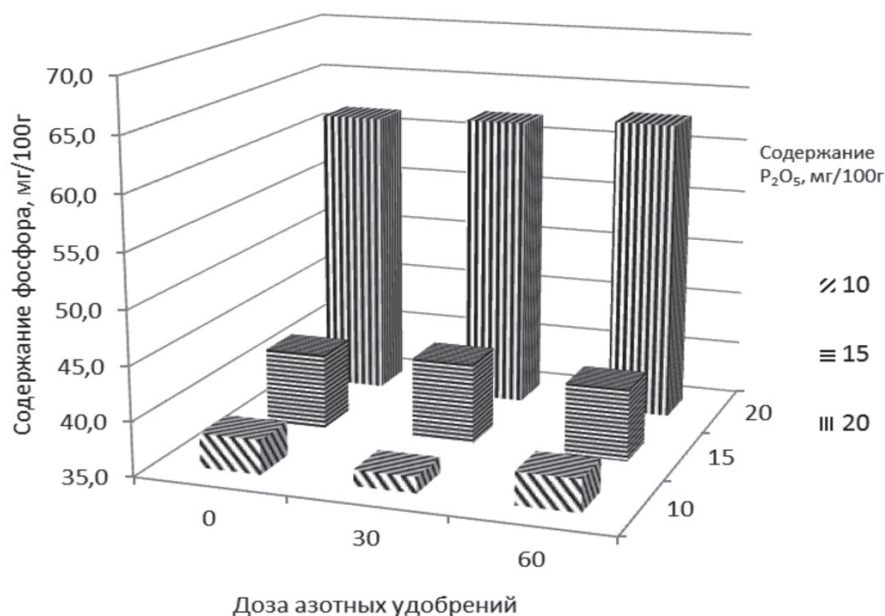


Рис. 2. Содержание P_n в листьях сои в зависимости от доз азотных удобрений и фосфорных фонов

Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции показывают, что теснота связи между валовыми формами элементов питания (X) и минеральными их формами (Y) в листьях среднего яруса зависит от фазы развития, а также элемента:

– в фазу цветения:

$$Y_N = 249,89 - 50,038 \cdot X, r = 0,825, \quad (5)$$

$$Y_P = 122,11 - 1660405 \cdot X, r = 0,979, \quad (6)$$

– в фазу образования бобов:

$$Y_P = 99,11 - 177,605 \cdot X, r = 0,869. \quad (7)$$

Наибольшая сопряженность наблюдается между содержанием валового и минерального фосфора ($r = 0,979$) в фазу цветения. В фазу образования бобов коэффициент равнялся 0,869. В отношении азота и калия можно сказать, что только в раннюю фазу наблюдалась количественная связь между валовым и нитратным азотом в органе-индикаторе, а в фазу образования бобов связь отсутствует.

Выводы

Таким образом, чтобы судить в полной мере о питании растений, мы должны знать, каким количеством резервных форм оно располагает, какой процент питательных веществ пошел на создание урожая. Проводя быстрый химический анализ растительных тканей (сырого листа), можно проверить, достаточные ли количества таких питательных веществ, как нитратный азот, неорганический фосфор, свободный калий, и других элементов поступают в растение. Растительный анализ дает возможность об-

наружить недостаток питательных веществ раньше, чем на листьях растений проявятся симптомы «голодания». В этих случаях обязательно нужно иметь данные относительно равновесия питательных веществ в развивающихся растениях. Установление внутреннего оптимального баланса питательных элементов является качественной стороной питания растения.

Список литературы

1. Гисматулина Ю.А. Сравнительный химический состав пяти урожаев мискантуса сорта сорановский: растение в целом, лист, стебель / Ю.А. Гисматулина // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 4. – С. 23–26.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 2011. – 416 с.
3. Ермохин Ю.И. Методология в изучении физиолого-агрохимической основы диагностики питания растений / Ю.И. Ермохин, Д.Н. Молкозедов // Вестник Омского университета. – 2013. – № 4 (70). – С. 243–244.
4. Ермохин Ю.И. Метод определения урожайности тысячелистника обыкновенного (*Achillea Millefolium* L.) по химическому составу растений / Ю.И. Ермохин, Н.Н. Тищенко // Агрохимия. – 2014. – № 6. – С. 89–93.
5. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск, 2005. – 282 с.
6. Кидин В.В. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин. – М.: Колос, 2008. – 599 с.
7. Пешкова А.А. Участие листьев различных ярусов в усвоении нитратов почвы растениями семейства капустных / А.А. Пешкова, Н.В. Дорофеев, Е.В. Бояркин // Агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 8–10.
8. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
9. Церлинг В.В. К методике контроля и управления формированием урожая сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг // Агрохимия. – 1998. – № 11. – С. 76.
10. Шафран С.А. Развитие исследований по диагностике минерального питания растений / С.А. Шафран // Агрохимия. – 2014. – № 3. – С. 3–11.

УДК 547.772.1:632.4.01/.08

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ 4-АМИНОПИРАЗОЛОВ НА РОСТ МИКРООРГАНИЗМОВ

Любашкин А.В., Ефимов В.В., Бондарь П.Н., Алаудинова Е.В., Субоч Г.А., Товбис М.С.*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, e-mail: lubyashkin@mail.ru*

При многолетнем применении различных бактерицидных и фунгицидных средств для обработки растений наблюдается приспособляемость возбудителей болезней к таким препаратам. Данную проблему невозможно решить без синтеза новых, ранее неизвестных соединений, и изучения их биологической активности. Поэтому поиск новых методов синтеза органических соединений, получение веществ, которые до сих пор не были синтезированы ни в нашей стране, ни за рубежом, доказательство их строения и изучение свойств, в том числе проявления биологической активности, является актуальной задачей. Известен ряд гетероароматических соединений, проявляющих антибактериальную активность. К ним относятся различные производные замещенных пиразолов и аминопиразолов. Все эти соединения обладают достаточно широким спектром биологического действия. В настоящей работе приведены данные по получению ранее не известных 3-алкоксиметил-4-аминопиразолов с фенильным и 2-нафтильным заместителями. Аминопиразолы получали восстановлением соответствующих 4-нитропиразолов гидразингидратом на катализаторе палладий на угле концентрацией 0,7% в дихлорметане. Индивидуальность полученных веществ определяли методом тонкослойной хроматографии. Строение было доказано современными физико-химическими методами анализа. Изучено влияние полученных 4-аминопиразолов на рост бактериальных тест-культур *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus aureus* MSSA, *Staphylococcus aureus* MRSA и грибов рода *Trichoderma asperellum* и *Mucor hiemalis*. Установлена бактерицидная активность 4-аминопиразолов в концентрации 10 мг/мл по отношению к тест-культуре *E. coli*. По отношению к тест-культуре *Pseudomonas* spp 3-алкоксиметил-4-аминопиразолы в концентрации 0,54–35 мг/мл обладают бактериостатическим действием. На рост бактериальных культур *S. aureus* MSSA и *S. aureus* MRSA 4-аминопиразолы с арильными заместителями не оказывают влияния. В то же время 4-аминопиразолы ингибируют рост грибов рода *Mucor hiemalis*, но не оказывают влияния на рост грибов рода *Trichoderma asperellum*.

Ключевые слова: защита растений, 4-аминопиразол, алкоксиметилпиразол, биологическая активность, бактерицидные препараты, фунгицидные препараты, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* MSSA, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Pseudomonas* spp., *Mucor hiemalis*, *Trichoderma asperellum*

STUDY OF 4-AMINOPYRAZOLES INFLUENCE ON THE GROWTH OF PATHOGENS

Lyubyashkin A.V., Efimov V.V., Bondar P.N., Alaudinova E.V., Suboch G.A., Tovbis M.S.*Reshetnev Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, e-mail: lubyashkin@mail.ru*

Long-term use of antibacterial and antifungal drugs for treatment plants leads to adaptation of pathogens to such preparates. This problem cannot be solved without the synthesis of new previously unknown compounds and study of their biological activity. Therefore, the search for new methods of organic compounds synthesis and preparation of substances which have not yet been synthesized neither in our country no abroad and the proof of their structure and the study of properties including biological activity is an urgent task. A series of heteroaromatic compounds exhibiting antibacterial activity are known. These include various derivatives of substituted pyrazoles and aminopyrazolones. All of these compounds have a fairly wide spectrum of biological activities. In this paper we present data on the synthesis of previously unknown 3-alkoxymethyl-4-amino pyrazoles with phenyl and 2-naphthyl substituents. Reduction of relevant 4-nitrosopyrazoles containing aromatic substituents by hydrazine-hydrate in dichloromethane on the catalyst Pd \ C 0,7% was allowed to allocate aminopyrazoles. Individuality of synthesized compounds is confirmed by thin layer chromatography. The structure of synthesized compounds was proved by modern physical methods. It was also studied the influence of obtained aminopyrazoles for bacterial culture of *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp, *Staphylococcus aureus* MSSA, *Staphylococcus aureus* MRSA and on the growth of fungi of the genus *Trichoderma asperellum* and *Mucor hiemalis*. Bactericidal activity of 4-aminopyrazole towards test *E. coli* culture at a concentration 10 mg/ml was established. In relation to the test culture *Pseudomonas* spp 3-alkoxymethyl-4-amino-pyrazoles demonstrate bacteriostatic activity at a concentration of 0,54–35 mg/ml. The growth of bacterial cultures of *S. aureus* MSSA and *S. aureus* MRSA 4-aminopyrazoles with aryl substituents has no effect. At the same time, 4-aminopyrazoles inhibit the growth of fungi of the genus *Mucor hiemalis*, but do not effect the growth of fungi of the genus *Trichoderma asperellum*.

Keywords: plant protection, ethoxymethylpyrazole, 4-aminopyrazole, biological activity, antibacterial drugs, antifungal drugs, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* MSSA, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Pseudomonas* spp., *Mucor hiemalis*, *Trichoderma asperellum*

В лесах Красноярского края сосредоточены продуктивные насаждения хвойных, в том числе и хозяйственноценной породы – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В процессе индивидуального развития древесные виды постоянно подвергаются

воздействию абиотических и биотических факторов окружающей среды. Одним из важнейших факторов, определяющих состояние лесов, являются бактериальные и грибковые заболевания, которые могут быть причиной гибели лесных насаждений. Однако основ-

ная проблема связана не столько с поражением многолетних растений, сколько с отпадом семян, в частности хвойных пород, при их выращивании в лесопитомниках, что делает экономически неоправданным получение посадочного материала [5].

Фитопатогенные бактерии и грибы вызывают некрозы и хлорозы хвои, бактериальный ожог хвои и стволиков, сосудистый бактериоз, почернение и усыхание верхушечных почек и оснований хвои и стволиков, образование опухолей у прикорневой шейки, увядание и полегание всходов при поражении корневой системы.

Основным способом защиты семенного и посадочного материала хвойных пород от болезней в лесных питомниках является обработка фунгицидными и бактерицидными препаратами. Одним из отрицательных

MSSA, *S. aureus MRSA* и грибов рода *Trichoderma asperellum* и *Mucor hiemalis*, что является не только актуальной научной задачей, но и необходимым условием разработки новых средств защиты растений.

Цель исследования

Изучение влияния производных 4-аминопиразолов с алкоксиметил и арильными заместителями на рост бактериальных культур – *E. coli*, *Pseudomonas spp.*, *S. aureus MSSA*, *S. aureus MRSA* и грибов рода *Trichoderma asperellum* и *Mucor hiemalis*.

Материалы и методы исследования

Объектом настоящего исследования стали 4-аминопиразолы, содержащие арильный и метильный или алкоксиметильный заместители. Соединения были синтезированы из нитропиразолов [2] по следующей схеме (рис. 1).

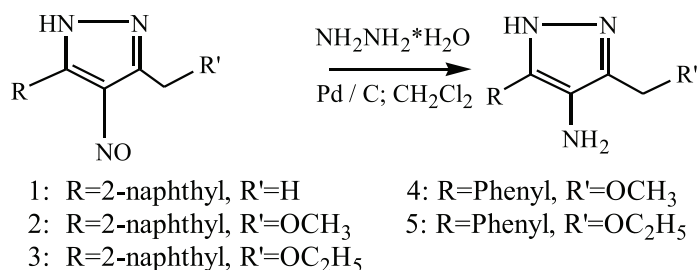


Рис. 1. Схема получения производных 4-аминопиразолов

аспектов этого способа является приспособляемость возбудителей болезней к таким препаратам при многолетнем их применении; кроме этого, в результате мутаций появляются новые, не чувствительные к действующим веществам, но столь же активные виды патогенов. В связи с этим крайне актуальной является задача расширения спектра перспективных малотоксичных фунгицидов и бактерицидов для борьбы с болезнями растений, а также апробация действия новых соединений на широко распространенных в природе возбудителях болезней [4].

В представленной работе приведены данные по синтезу новых 4-амино-3-алкоксиметилпиразолов с фенильным и 2-нафтильным заместителями. Известно, что различные производные аминопиразолов обладают сильным бактерицидным и фунгицидным действием [6, 7]. Это позволяет предполагать наличие бактерицидной и фунгицидной активности и у новых, не синтезированных ранее производных аминопиразолов. Изучено их влияние на рост бактериальных культур – *E. coli* (*Escherichia coli*), *Pseudomonas spp.*, *S. aureus*

Аминопиразолы получали восстановлением нитропиразолов гидразингидратом на катализаторе палладий на угле концентрацией 0,7% в дихлорметане. В результате выделяли белые кристаллические вещества, растворимые в этиловом спирте, диметилсульфоксиде и нерастворимые в воде.

Ход реакций и чистоту соединений контролировали методами тонкослойной хроматографии на пластинках Sorbfil марки ПТСХ-АФ-В (Россия) в системе «этилацетат-толуол» (1:3); пятна детектировали в ультрафиолетовом свете. Строение всех синтезированных соединений было доказано современными физико-химическими методами анализа [1, 3].

Исследования антибактериальной активности на тест-культурах *E. coli*, штамм ATCC 25822, чувствительный к антибиотикам, *S. aureus MSSA* (*Staphylococcus aureus*, штамм 209 P, чувствительный золотистый стафилококк) и *Staphylococcus aureus MRSA* (Метициллин – резистентный стафилококк) для соединений 1–5 (см. рис. 1) проводились в лаборатории на кафедре микробиологии (Красноярский государственный медицинский университет им. профессора Войно-Ясенецкого) методом серийных разведений. Двукратное разведение соединений в объеме 1 мл готовили на дистиллированной воде. В каждую пробирку с растворенным 4-аминопиразолом вносили по 0,1 мл взвеси испытуемых тест-культур, приготовленных из 18-часовых агаровых культур по стандарту мутности 0,5 макфарланда. Пробирки инкубировали при 37°C. Высев производили через 24 часа на сектора

штрихом в чашки с мясопептонным агаром. Учет результатов производили по наличию и характеру роста культур на питательной среде. Концентрация 4-аминопиразолов составляла 10–12 мг/мл ($5 \cdot 10^{-2}$ моль/л).

Определение антибактериальной активности на тест-культуре *Pseudomonas spp.* для 3-метил-4-амино-5-(2-нафтил)-1-Н-пиразола проводили в микробиологической лаборатории кафедры химической технологии древесины и биотехнологии (Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева). Двукратное разведение соединений в объеме 4 мл готовили в диметилформамиде (ДМФА) и дистиллированной воде. В каждую пробирку с растворенным 4-аминопиразолом вносили по 0,1 мл взвеси испытуемой тест-культуры, приготовленной из 18-часовых агаровых культур по стандарту мутности 0,5 макфарланда. Пробирки инкубировали при 33 °С в течение 24 часов. Концентрация изучаемого 4-аминопиразола составляла 35 мг/мл ($16 \cdot 10^{-2}$ моль/л).

Исследование антифунгальной активности соединений 1–5 проводили на грибах рода *Trichoderma asperellum* и *Mucor hiemalis* методом лунок в лаборатории микробиологии кафедры химической технологии древесины и биотехнологии (Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева). В стерильные чашки Петри разливалась стерильная питательная среда «сусло-агар». После застывания на твердую агаровую пластинку делался посев тест-организма газоном. Чашки подсушивались в термостате при 37 °С в течение 15–20 минут. Далее в толще агаровой пластинки стерильным пробочным сверлом диаметром 10 мм делались лунки, вырезая агаровые блоки и удаляя из чашки с помощью стерильного скальпеля. В лунки пипеткой вносились различные концентрации раствора (7–150 мг/мл) аминопиразолов в диметилсульфоксиде (ДМСО) в количестве 0,2 мл. В качестве контроля использовался чистый ДМСО. Посевы инкубировали в термостате при температуре 30 °С в течение 7 суток с тремя повторениями. Степень антибиотической активности учитывали по диаметру зоны подавления роста тест-культуры в мм.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования влияния новых производных 4-аминопиразолов на рост бактерий приведены в табл. 1.

Было установлено, что синтезированные соединения 1–5 обладают выраженным бактерицидным действием по отношению к тест-культуре *E. coli*, полностью подавляя её рост в пробирках с растворенным аминопиразолом. Высев тестируемых образцов из пробирок на питательную среду также подтвердил отсутствие роста тест-культуры.

При изучении влияния 3-этоксиметил-4-амино-5-(2-нафтил)-1-Н-пиразола (соединение 3) и 3-этоксиметил-4-амино-5-фенил-1-Н-пиразола (соединение 5) на рост тест-культуры *Pseudomonas spp.* выявлено, что через 24 ч инкубирования рост бактерий в пробирках с растворенным пиразолом концентрацией 0,54 мг/мл и выше ви-

зуально не наблюдался. С целью выяснения наличия бактерицидного действия синтезированных пиразолов из пробирок, содержащих исследуемое вещество с концентрациями более 0,54 мг/мл (от 0,54 до 35 мг/мл) производили высев на сектора штрихом в чашки с мясопептонным агаром. Результаты учитывали по наличию и характеру роста культур. Как показал эксперимент, при всех используемых концентрациях в чашках наблюдался рост тест-культуры. Следовательно, 3-этоксиметил-4-аминопиразолы с 2-нафтильным и фенильным заместителями в отношении тест-культуры *Pseudomonas spp.* обладает только бактериостатическим действием.

Влияние 4-аминопиразолов с арильными и алкоксиметильными заместителями (соединения 1–5) на рост бактериальных культур *S. aureus* MSSA и *S. aureus* MRSA обнаружено не было.

Результаты эксперимента на антифунгальную активность 3-метил-4-амино-5-(2-нафтил)-1-Н-пиразола (соединение 1) и 3-этоксиметил-4-амино-5-(2-нафтил)-1-Н-пиразола (соединения 3) показали, что грибы рода *Trichoderma asperellum* резистентны к данным соединениям, поскольку зоны подавления роста гриба в чашках отсутствовали (рис. 2).



Рис. 2. Влияние аминопиразолов 1, 3 на рост грибов рода *Trichoderma asperellum*

В свою очередь, все новые 4-аминопиразолы в различных концентрациях оказали ярко выраженное ингибирующее действие на рост грибов рода *Mucor hiemalis* (рис. 3). Данные по исследованию антифунгальной активности синтезированных аминопиразолов сведены в табл. 2.

Таблица 1

Влияние 4-аминопиразолов на рост бактерий

Соединение	R	R'	Концентрация, мг/мл	E. coli	S. aureus MSSA	S. aureus MRSA	Pseudomonas spp
1	2-naphtyl	Me	40	+	—	—	
			20	+	—	—	
			10	+	—	—	
2	2-naphtyl	OMe	40	+	—	—	
			20	+	—	—	
			10	+	—	—	
3	2-naphtyl	OEt	40	+	—	—	+/-
			20	+	—	—	+/-
			10	+	—	—	+/-
			0.5				+/-
4	Ph	OMe	40	+	—	—	
			20	+	—	—	
			10	+	—	—	
5	Ph	OEt	40	+	—	—	+/-
			20	+	—	—	+/-
			10	+	—	—	+/-
			0,5				+/-

Таблица 2

Влияние 4-аминопиразолов на рост грибов

Соединение	R	R'	Концентрация, мг/мл	Подавление роста <i>Mucor hiemalis</i> , %	Подавление роста <i>Trichoderma asperellum</i> , %
1	2-naphtyl	Me	250	51	0
			125	34	0
			62	32	
			31	23	0
2	2-naphtyl	OMe	30	85	
			15	66	
			7	60	
3	2-naphtyl	OEt	30	88	0
			15	71	0
			7	64	0
4	Ph	OMe	80	65	
			40	50	
			20	42	
5	Ph	OEt	80	100	
			40	76	
			20	63	

Выводы

В результате проведенных исследований была выявлена отчетливо выраженная бактерицидная активность новых производных 4-аминопиразолов с арильными и алкоксиметильными заместителями по отношению к тест-культуре *Escherichia coli*.

Показано, что по отношению к тест-культуре *Pseudomonas spp* новые производные 4-аминопиразолов в концентрации 0,54 мг/мл и выше обладают лишь бактериостатическим действием, а на рост бактерий *S. aureus MSSA* *S. aureus MRSA* влияния не оказывают.

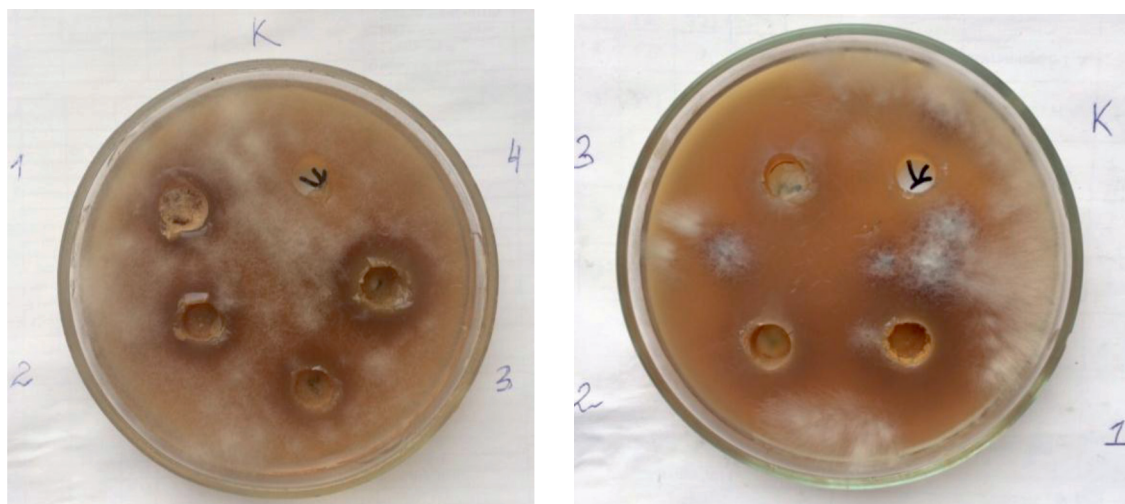


Рис. 3. Влияние аминопиразолов 1 (слева) и 2 (справа) на рост грибов рода *Mucor hiemalis*

Установлено, что все новые синтезированные производные 4-аминопиразолов не оказывают ингибирующего действия на грибы рода *Trichoderma asperellum*, но в то же время подавляют рост грибов рода *Mucor hiemalis*, причем наличие в молекуле алкоксигруппы увеличивает данное биологическое действие.

Список литературы

1. Ефимов В.В. Получение 4-амино-3-метил-5-(2-нафтил)-1H-пиразола и его ацильных производных // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 15. – С. 15–16.
2. Любяшкин А.В. Синтез этоксиметилнитропиразолов // ЖОрХ. – 2015. – Т. 51, № 4. – С. 607–608.
3. Любяшкин А.В. Синтез новых алкоксиметилзамещенных 4-амино-1H-пиразолов и их ацилирование // ЖОрХ. – 2016. – Т. 52, Вып. 10. – С. 1531–1532.
4. Панина Н.Б. Применение комплекса средств защиты растений для профилактики грибных болезней посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2005. – № 10. – С. 119–121.
5. Погорельский И.П. Фитопатогенные псевдомонады как этиологический агент бактериозов семян хвойных: выделение и характеристика биологических свойств // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. – 2007. – № 1. – С. 344–345.
6. Alka Chauhan. Pyrazole: A Versatile Moiety // International Journal of ChemTechResearch. – 2011. – Vol. 3, № 1. – P. 11–17.
7. Bondock S. Synthesis and antimicrobial activity of some new thiazole, thiophene and pyrazole derivatives containing benzothiazole moiety // Eur. J. Med. Chem. – 2010. – № 10. – P. 3692–3701.

УДК 544.65/4

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА И 3-ХЛОРФЕНОЛА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НА ТИ АНОДАХ С РТ, СЕРТ, СВРТ ПОКРЫТИЯМИ**Салех М.М., Заев Д.А., Михаленко И.И.***ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, e-mail: mikhalenko_ii@pfur.ru*

Проблема удаления хлорорганических соединений фенольного ряда из водной среды остается актуальной. В разработке технологий очистки воды могут быть использованы различные способы – микробиологический, адсорбционный, химический. Электрохимический метод отличается экономичностью и простотой оформления. Эффективность окисления поллютанта требует детальных знаний о химических процессах, протекающих на поверхности электрокатализаторов. В настоящей работе были приготовлены электроды Pt/Ti, CePt/Ti, SbPt/Ti, которые тестировались на активность в электрохимическом окислении фенола и 3-хлорфенола методом циклической вольтамперометрии. На основании концентрационных зависимостей тока окисления определялись кинетический порядок и константы скорости анодного окисления, суммарные количества окисленного вещества в кислом и щелочном растворе электролита. Показано, что промотирующий эффект добавок церия или сурьмы к платине обусловлен их воздействием на состояние платины и снижением блокировки рабочей поверхности анода прочно адсорбируемым субстратом. Анализ кинетических данных с учетом результатов компьютерного моделирования межмолекулярных структур фенольного соединения позволил сделать вывод об участии ассоциатов фенола и 3-хлорфенола в анодном окислении.

Ключевые слова: анодное окисление, 3-хлорфенол, ассоциаты, платина, титан, церий, сурьма, вольтамперометрия, константы скорости, дробный кинетический порядок

KINETIC'S STUDY OF PHENOL AND 3-CHLOROPHENOL OXIDATION IN AQUEOUS SOLUTIONS ON TI ANODES WITH PT AND CEPT COATINGS**Saleh M.M., Zaev D.A., Mikhalenko I.I.***Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, e-mail: mikhalenko_ii@pfur.ru*

The problem of removing from water media the chlorine compounds of phenol remains important. The different ways (microbiological, chemical destruction, adsorption) can be used in the development of water treatment technologies. Electrochemical method is efficiency and simplicity of design. The effectiveness of pollutant's oxidation requires detailed knowledge about the chemical processes occurring on the surface of electrocatalysts. In the present work the electrodes Pt/Ti, CePt/Ti, SbPt/Ti were prepared and tested on its activity in electrochemical oxidation of phenol and 3-chlorophenol by use of cyclic voltammetry method. From concentration dependences of anodic current the kinetic order, rate constants and the total amount of oxidized substance were determined for 3-chlorophenol oxidation in acidic and alkaline electrolyte solution. It is shown that promotion effect of cerium or antimony additives to platinum due to their influence on platinum state and diminishing the deactivation of anode surface by chemisorbed substrate. Analysis of kinetic data and taking into account the results of computer simulation of intermolecular structures for phenolic compounds reveals the participation of associates of phenol and 3-chlorophenol in anodic oxidation.

Keywords: anodic oxidation, phenol, 3-chlorophenol, associates, platinum, titanium, cerium, antimony, voltammetry, rate constants, fractional kinetic order

Загрязнение водных экосистем опасными химическими соединениями стало глобальной экологической проблемой современности. Вот почему Генеральная Ассамблея ООН объявила 2005–2015 годы Международным десятилетием действий «Вода для жизни». Фенолы и хлорфенолы – вещества, оказывающие опасное воздействие на живые организмы, включая человека. Их относят к стойким органическим загрязнителям окружающей среды (СОЗ) и они включены в список двенадцати СОЗ, полного уничтожения которых требует ратифицированная РФ Стокгольмская конвенция 2011 г. Фенол и хлорфенолы давно используются как антисептики, дезинфектанты, они входят в состав фунгицидов и пестицидов. В условиях медленной биodeградации эти вещества накапливаются

в почве. Новой проблемой 21 века стало доказательство образования из хлорфенолов полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов [1]. Они токсичнее хлорированных фенолов, поэтому увеличение содержания данных веществ в окружающей среде, в первую очередь в продуктах питания, вызывает большое беспокойство [2].

Химические методы очистки позволяют частично или полностью разлагать фенолы и хлорфенолы или же переводить их в менее токсичные формы, способные к дальнейшей биodeградации. Одним из них является электрохимический метод анодного окисления. Исследования в области удаления фенола и хлорфенолов из водных растворов остаются актуальными, и они важны для разработки комплексных технологий очистки воды, которые могут включать

и электрокаталитический метод. Традиционными являются платиновые электроды. Окисление производных хлорфенолов на Pt анодах изучено в диссертации [3]. Введение церия в состав Pt/Ti электрода увеличивает скорость электрохимического окисления 4-хлорфенола и 2,4-дихлорфенола согласно результатам работы [4]. В электроокислении активны и металлоксидные аноды [5]. Оптимизация условий для получения высокой скорости окисления базируется на выборе фоновой раствора, состава анода, а также анализе механизма сложного гетерогенного процесса.

Цель данной работы – используя метод циклической вольтамперометрии, определить кинетические характеристики анодного окисления фенола и 3-хлорфенола на платинированных титановых анодах с добавками церия и сурьмы.

Электроды, оборудование

Титановую фольгу (99%) толщиной 100 мкм после специальных обработок подвергали платинированию в 0,1 М растворе тетранитрито-платината калия квалификации «х.ч.» в течение 1,5 ч при токе 40 мА, напряжении 21 В и pH 6. Видимая поверхность анодов – 2 см² (две стороны). Истинная поверхность анода определялась по пику водорода анодной ветви сернокислотного раствора. Для образца Pt/Ti коэффициент шероховатости поверхности равен 30, и он не изменился при модифицировании платины церием и сурьмой. Процент платины – 2,2 % от массы титана определен весовым методом. По данным энергодисперсионного анализа (рентгенофлуоресцентный спектрометр Clever-C31) в слое толщиной 1 мкм платины 15 % вес, от массы титана.

Образцы CePt/Ti и SbPt/Ti были получены добавлением в раствор нитрата церия или нитрата сурьмы при тех условиях электроосаждения.

Потенциодинамические кривые (вольтамперограммы) регистрировали в фоновых растворах 0,5 М H₂SO₄ и 1 М NaOH при комнатной температуре, скорости развертки потенциала 100 мВ/с и различных начальных концентрациях вещества в интервале 0,01–0,1 мМ с использованием газодиффузионной (аргон) 3-электродной ячейки с хлорсеребряным электродом сравнения. Для каждого образца результирующую *I–E* кривую фиксировали после 20–30 циклирования на многофункциональном вольтамперметре ЭЛ-02, соединенном с компьютером (ошибка по току не более 5 %).

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 показаны микрофотографии поверхности модифицированных электродов после электрохимических опытов, полученных с помощью электронного микроскопа Jeol JSM-6490LV.

На поверхности четко видны агрегаты платины, которые достаточно равномерно покрывают поверхность Ti-фольги (светлый фон). Также у Pt/Ti в виде крупных затемненных пятен видны области тонких пленок, по видимому, углеродистых отложений. Рельеф покрытия анодов CePt/Ti и SbPt/Ti отличается от Pt/Ti: хорошо видно более равномерное распределение частиц платины в присутствии церия и сурьмы, а также отличие покрытия с сурьмой и церием. У образца SbPt/Ti можно рассмотреть вытянутые по форме кристаллы. Большая часть поверхности остается свободной от платины.

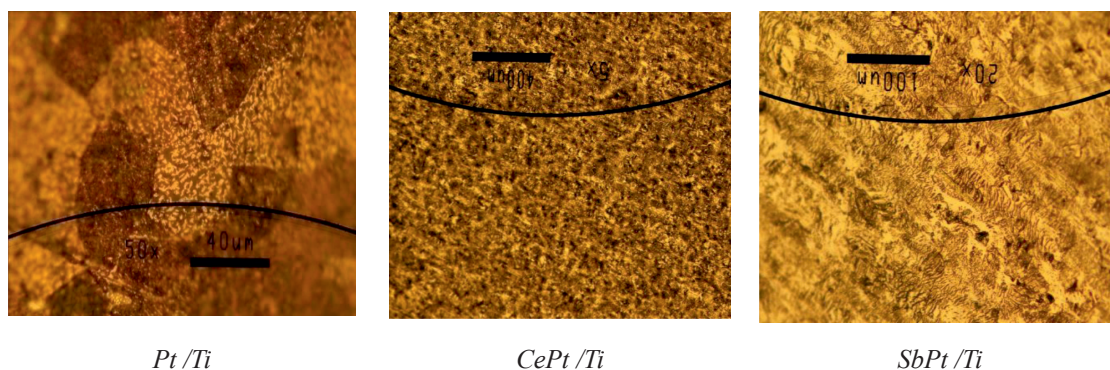


Рис. 1. Морфология поверхности анодов (данные сканирующей электронной микроскопии)

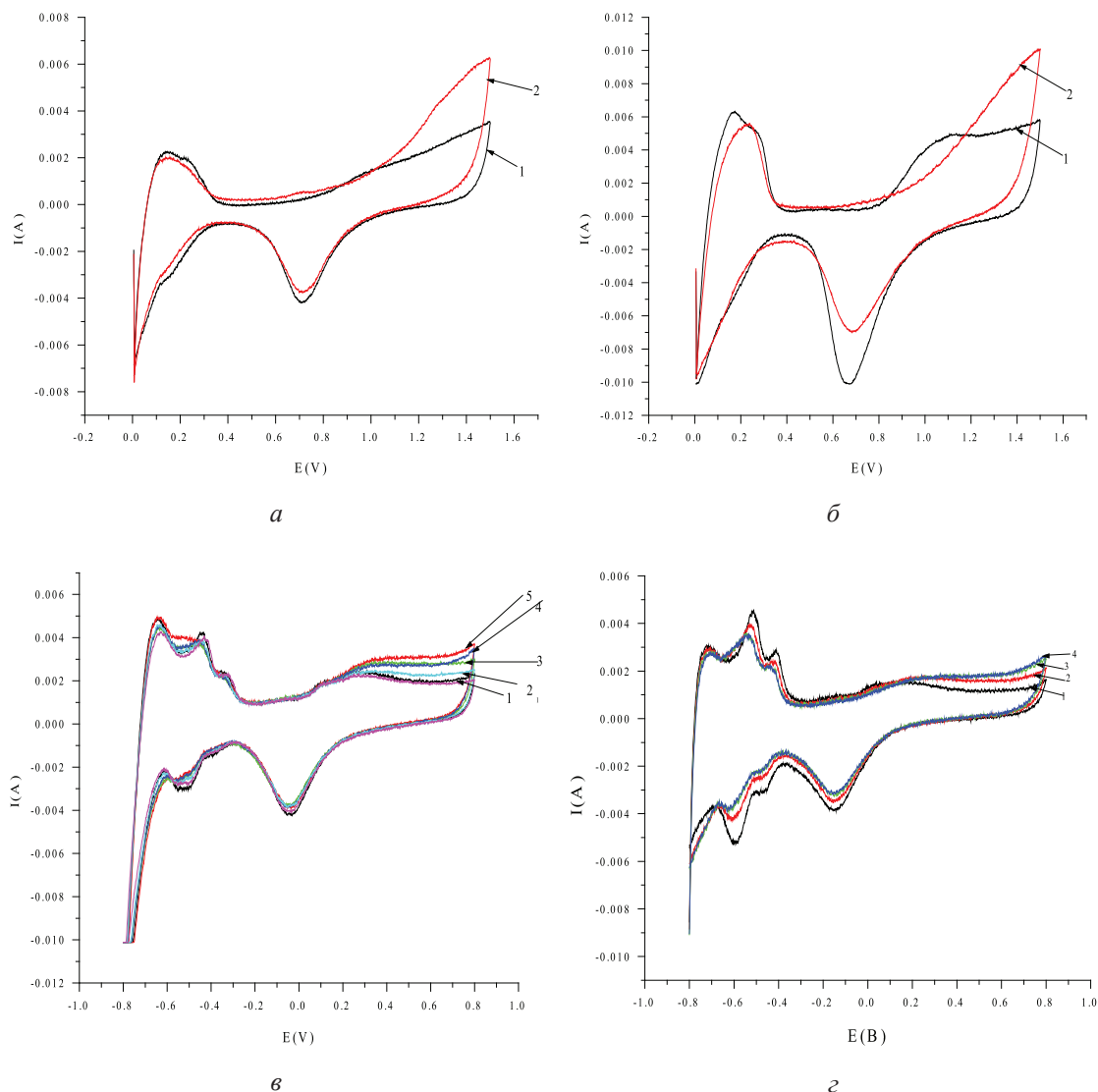


Рис. 2. Примеры вольтамперограмм окисления 3-хлорфенола в кислой среде на анодах CePt/Ti (а), SbPt/Ti (б) при концентрации 0,08 мМ (черная линия – фон, 0,5М H₂SO₄) и в щелочной среде на анодах CePt/Ti (в) и SbPt/Ti (г) при концентрациях 0,0164 (2), 0,032 (3), 0,0476 (4), 0,0625 (5), 0,0769 мМ, черная линия 1 – фон 1М NaOH

На рис. 2 показаны примеры вольтамперограмм для кислого (а,б) и щелочного (в,г) растворов 3-хлорфенола, из которых определяется ток I , мА в максимуме при 1,4 В в H₂SO₄ и 0,8 В в NaOH. Ток (скорость) окисления I_{ox} – это разность между током I и током фона. Окисление субстрата X начинается после окисления платины (образования оксида PtO_x) и происходит с его участием $X + PtO_x \rightarrow Pt + X_{ox}$ или $X + PtO_{x+1} \rightarrow PtO + X_{ox}$ согласно данным [6]. В левой части I - E кривой находятся области адсорбции/десорбции водорода, на катодной области при потенциалах око-

ло -0,1В (кислота) и 0,7 В (щелочь) мы видим пик разложения $PtO_x \rightarrow Pt + O_{алс}$ с восстановлением платины и образованием адатома кислорода.

Из вольтамперограмм следует, что при окислении органического вещества ток увеличивается, значения I_{ox} возрастают с ростом концентрации. Пики водородной области (Н1 и Н2 – две формы адсорбированного водорода) уменьшаются. Также уменьшается катодный пик кислорода. Это связано с блокировкой центров анода адсорбированными X и продуктами окисления, способными к полимеризации. Аналогичный результат для фенола.

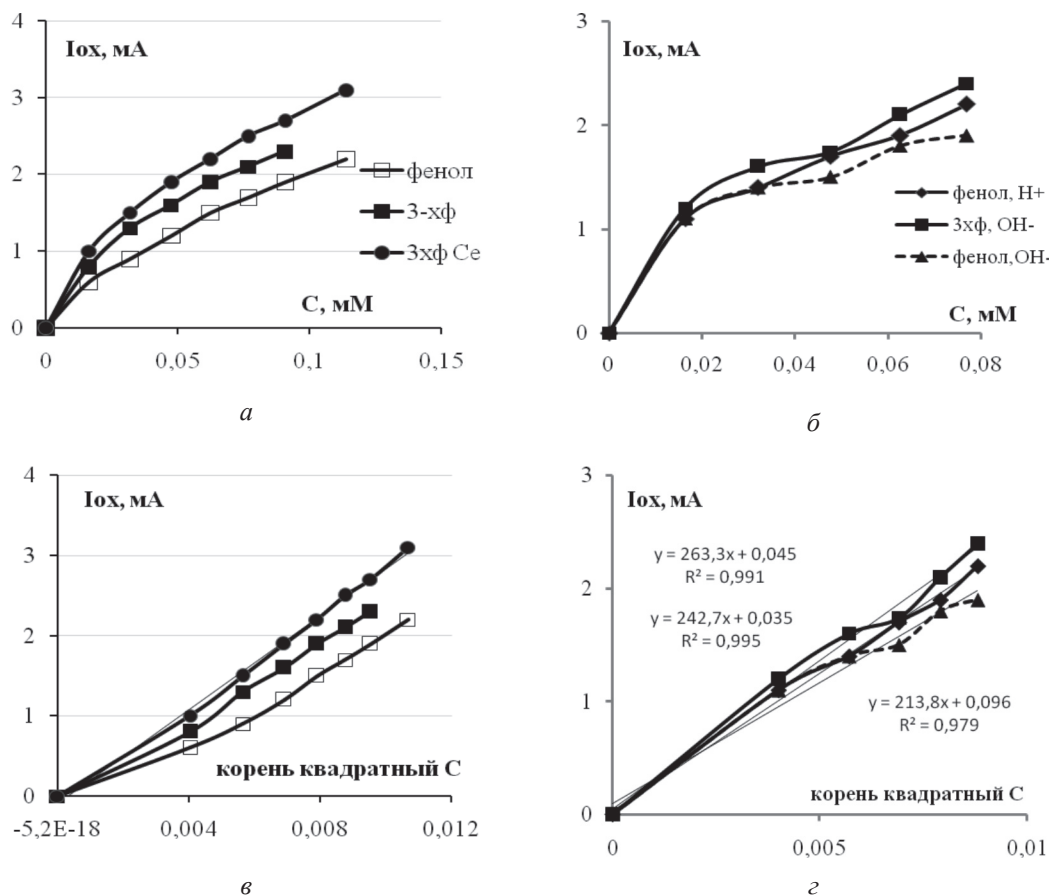


Рис. 3. Концентрационные зависимости тока окисления фенола и 3-хлорфенола в кислой и щелочной среде для анодов, модифицированных церием и сурьмой

Зависимости тока (скорости) окисления от концентрации фенола и 3-хлорфенола показаны на рис. 3. Видно, что они нелинейные и порядок электроокисления меньше единицы. В координатах дробного порядка $n = 1/2$ получаются хорошие прямые линии с регрессионным коэффициентом R^2 не хуже 0,95. Тангенс угла наклона прямой $I_{ox} = KC^{1/2}$ – это константа скорости электроокисления $K_{1/2}$. Значения констант $K_{1/2}$ для трех электродов и двух веществ приведены в табл. 1. Из данных таблицы видно, что $K_{1/2}$ возрастают в ряду $Pt/Ti < CePt/Ti < SbPt/Ti$. Значения $K_{1/2}$ фенола и 3-хлорфенола отличаются: у 3ХФ они, как правило, больше по сравнению с фенолом, так в щелочной среде для анодов Pt/Ti на 18 % и для $SbPt/Ti$ на 27 %, а в кислой среде у $CePt/Ti$ на 14 % и у $SbPt/Ti$ на 90 %. Активность сурьмяно-платино-титанового анода воспроизводится, как видно из нижней строчки табл. 1.

Таблица 1
Константы скорости $K_{1/2}$ [$mA \times (л/моль)^{1/2}$] электроокисления фенола и 3-хлорфенола при комнатной температуре и скорости развертки потенциала 100 мВ/с

Среда	Кислая среда		Щелочная среда	
Электрод	фенол	3-ХФ	фенол	3-ХФ
Pt/Ti	190	195	198	233
CePt/Ti	209	238	241	246
SbPt/Ti	245	275	203	258
SbPt/Ti*	242	–	214	263

Примечание: образец * проверен на воспроизводимость активности через 1 год.

Концентрационные зависимости скорости электроокисления с дробным кинетическим порядком можно объяснить адсорбцией из раствора ассоциированных форм субстрата (димеров и тримеров). Перед стадией электроокисления нужна диссоциация комплекса на поверхности электрода

с образованием мономерной формы вещества. Эта стадия, по-видимому, и является лимитирующей стадией электроокисления в целом. Двухстадийную адсорбцию с диссоциацией комплекса, которая предшествует окислению, можно записать схемой $X_m(\text{раствор}) \leftrightarrow X_m(\text{электрод}) \rightarrow mX_{\text{алс}} \rightarrow \text{электроокисление}$. Учитывая распад молекулярных комплексов на электроде, мы получаем формальный порядок меньше единицы $n = 1/m$, где m – число молекул и нелинейные зависимости $I_{\text{ох}}-C$.

Теперь рассмотрим влияние начальной концентрации 3-хлорфенола на суммарные количества окисленного 3-хлорфенола (ОХ), адсорбцию/десорбцию водорода (Н), адсорбцию атомарного кислорода после разложения оксида платины (О). Промотирующий эффект добавок на примере церия проявляется и в этих характеристиках. Изменение адсорбции Н и О в условиях окисления показывает наличие на поверхности анода свободных центров для реакций $H_{\text{алс}} - e \rightarrow H^+_{\text{раствор}}$ в условиях кислой среды и $PtO + e \rightarrow Pt + O_{\text{алс}}$. Площади пиков S определяются интегрированием соответствующих трех областей $I-E$ кривых. Для корректного сравнения можно рассчитать относительное изменение площади пиков с учетом площади пиков фонового раствора по формуле $S\% = 100 (S - S_{\text{фон}})/S_{\text{фон}}$.

Как видно из рис. 4, для окисляемого вещества значения $S\%$ увеличивается с ростом концентрации ($S\% > 0$), выше значения $S\%$ у образца с добавкой Се (аналогично и для Sb). Значения $S\%$ водородной и кислородной областей отрицательные ($S\% < 0$): уменьшение площади пиков свя-

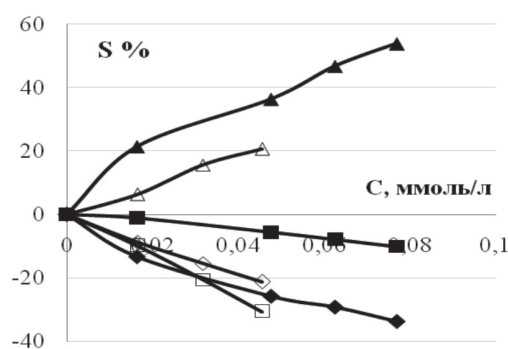
зано с хемосорбцией субстрата, как уже мы писали выше, из-за которой активные центры поверхности блокированы. Концентрационные зависимости $S\%$ можно аппроксимировать прямыми линиями и рассчитать линейный градиент $\Delta S/\Delta C$ как изменение площади соответствующих пиков. Эти значения приводятся в табл. 2. У анода СеPt/Ti линейный положительный градиент окисления $\Delta S/\Delta C$ существенно больше, чем у Pt/Ti: в 663/437~2 раза в кислой среде и в 662/469 ~1,4 раза в щелочной среде.

Таблица 2

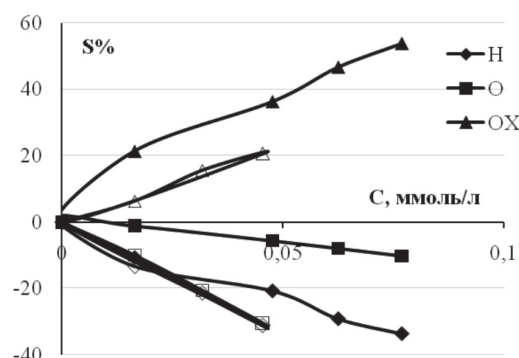
Линейный градиент площади пиков ($\Delta S/\Delta C$) окисления 3-хлорфенола, десорбции/адсорбции водорода и кислорода

Среда	3ХФ, Н+		3ХФ, ОН-	
	Pt/Ti	CePt/Ti	Pt/Ti	CePt/Ti
ОХ	+337	+663	+469	+662
Дес./Адс. Н	-320	-413	-686	-409
Дес.О	-266	-181	-675	-135

Отрицательный градиент кислорода уменьшается в присутствии церия, также как и для водорода в щелочной среде. Наибольшее изменение у кислорода в щелочном растворе 3ХФ: 675/135 = 5 раз, а у водорода только в 1,7 раза. Только в кислом растворе 3-ХФ у СеPt/Ti значение $\Delta S/\Delta C$ для адсорбированного Н по модулю больше. Итак, введение церия и сурьмы увеличивает окислительную способность анода за счет снижения дезактивации центров адсорбции кислорода и/или облегчения распада оксида платины.



а. 0,5 M H₂SO₄



б. 1M NaOH

Рис. 4. Относительное изменение площади пиков $I-E$ кривых в водородной, кислородной областях и области окисления 3-хлорфенола на анодах Pt/Ti (незакрашенные) и СеPt/Ti (закрашенные значки) в кислом и щелочном фоновом растворе

Ассоциаты фенола и 3-хлорфенола

Квантово-химические расчеты индивидуальных молекул и их молекулярных комплексов были проведены с использованием программы *HyperChem 8.0.8*. Хотелось понять, каково изменение межъядерных расстояний при ассоциации? Как влияет растворитель на длины связей O–C, C–Cl, водородной связи при помещении X и их димеров в «водяной бокс» (метод *AMBER* с параметрами по умолчанию)? Некоторые комплексы оптимизированной геометрии показаны на рис. 5.

В табл. 3 приведены дипольные моменты μ , энергия нижней вакантной МО (знак «+» означает, что молекула нуклеофил, «–» электрофил), энергии связи фенольных молекул с водой E_{X+H_2O} , энергии

водородной связи в димере E_{X+X} и тримере E_{X+X+X} (– на одну связь). В присутствии атома хлора энергия водородной связи в димере и тримере увеличивается. Энергия водородной связи димера 3ХФ ($E_{X+X} = 3,9$ ккал/моль) в 2 раза больше, чем в ассоциате с водой ($E_{X+H_2O} = 1,71$ ккал/моль). Длина водородной связи у димеров и тримеров такая же, как и между фенольной молекулой и водой (1,83 Å). Ассоциация наблюдается и с «растворенными молекулами»: рис. 6 демонстрирует димер 3ХФ в «боксе» с 48 молекулами воды. При «растворении» увеличение длин связей C–O и C–Cl небольшое (не более 1,6 и 5,2 % соответственно). Но для водородной связи O...H в димере это увеличение существенное, оно составляет 10 % для фенола и 45 % для 3-ХФ.

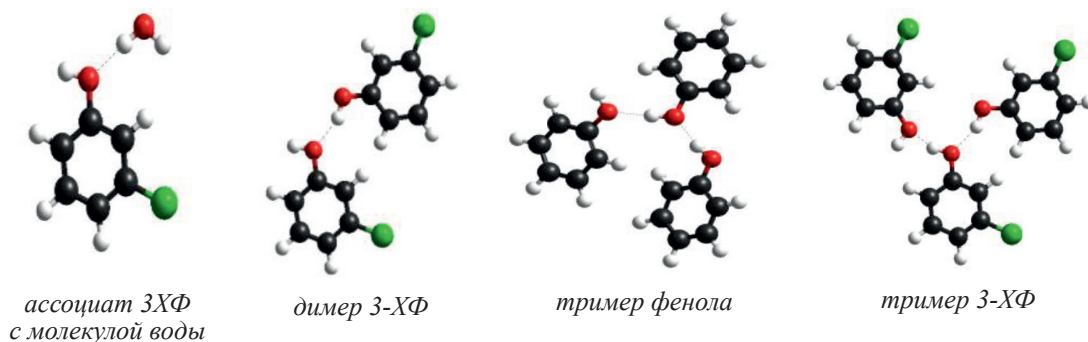


Рис. 5. Комплексы оптимизированной геометрии

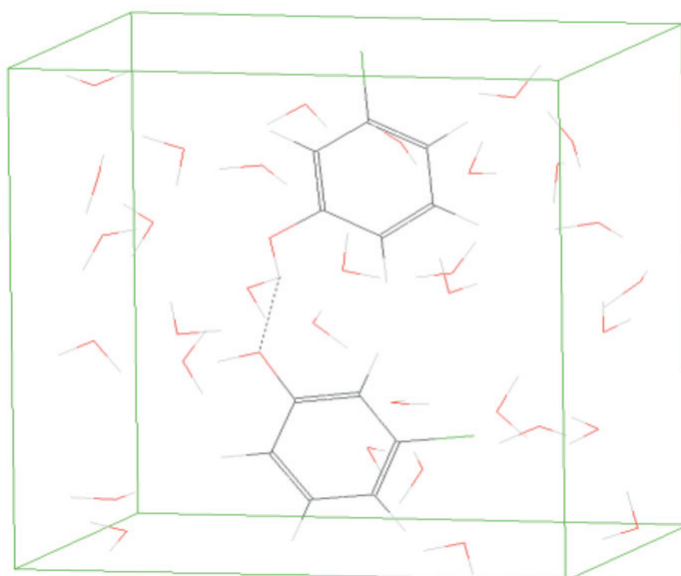


Рис. 6. Димер 3ХФ в «боксе»

Таблица 3
Данные квантово-химических расчетов

Характеристика	фенол	3-ХФ
Дипольный момент μ , Дб	1,165	2,814
$E_{\text{НВМО}}$, ккал/моль	+ 0,246	– 0,246
$E_{\text{Х+Н}_2\text{О}}$, ккал/моль	2,01	1,71
$E_{\text{Х+Х}}$, ккал/моль	2,1	3,9
$E_{\text{Х+Х+Х}}$, ккал/моль	3,5	4,6

Таким образом, ассоциаты фенола и 3-хлорфенола – это устойчивые структуры, и их присутствие в растворе влияет на процесс анодного окисления, кинетические параметры которого зависят от состава анода и среды. Церий и сурьма увеличивают активность платинированного титанового анода, снижая эффект блокировки поверхности прочно адсорбированным органическим веществом или продуктами его превращения.

Список литературы

1. Федоров Л.А. Диоксины в питьевой воде / Л.А. Федоров // Химия и химии. – 2009. – № 1. – С. 3–9. <http://chemistry-chemists.com>. URL http://chemistry-chemists.com/N1_2009/3-9.pdf (дата обращения: 21.04.2017).
2. Schecter A. Intake of dioxins and related compounds from food in U.S. population // A. Schecter, P. Cramer, K. Boggess, J. Stanley, O. Păpke, J. Olson, A. Silver, M. Schmitz // Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A. – 2001. – Vol. 63. – P. 1–18.
3. Гутьерес Д.В.Ф. Электрокаталитическое окисление 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и её натриевой соли с использованием платиносодержащих электродов и анодов, содержащих SnO₂: дис....канд. хим. наук. – М., 2011. – 123 с.
4. Салех М.М. Окисление фенола и хлорфенолов на платинированных титановых анодах в кислой среде / М.М. Салех, Е.Н. Колосов, И.И. Михаленко // Журнал физической химии. – 2016. – Т. 90, № 6. – С. 960–963.
5. Баштан С.Ю. Электрохимическое окисление фенола на металлооксидных электродах / С.Ю. Баштан, В.А. Багрий // Химия и технология воды. – 2012. – Т. 34, № 1. – С. 40–45.
6. Arslan G. The effect of pH, temperature and concentration on electrooxidation of phenol / G. Arslan, B. Yazici, M. Erbil // Journal of Hazardous Materials. – 2005. – Vol. 124. – P. 37–43.

УДК 543.55.054.1

**ОСОБЕННОСТИ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ДИФЕНИЛАМИНА НА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОДАХ
И МЕТОДИКА ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРОДУКТАХ ВЫСТРЕЛА****¹Слепченко Г.Б., ¹Сорокин И.А., ²Нехорошев С.В.**¹*Томский политехнический университет, Томск, e-mail: nikel527@mail.ru;*²*Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск*

Исследовано электрохимическое поведение дифениламина на стеклоглеродном электроде. Изучено влияние скорости развертки, времени накопления и потенциала накопления на аналитический сигнал дифениламина. Подобраны рабочие условия определения дифениламина: время накопления в течение 30 с при потенциале накопления $E_n = -0,2$ В относительно ХСЭ на фоне $0,2\text{M Na}_2\text{HPO}_4$, с удалением кислорода из фонового электролита продувкой азота, с последующей регистрацией анодного сигнала при ступенчатом изменении потенциалов $0,0 \div 1,1$ В в режиме первой производной тока по потенциалу. Показана возможность идентификации и количественное определение дифениламина с помощью метода инверсионной вольтамперометрии в продуктах выстрела, а также для установления дистанции «близкого выстрела». Разработан алгоритм пробоподготовки объектов с пулевым повреждением, заключающийся в подготовке средней пробы и экстракции этиловым спиртом.

Ключевые слова: продукты выстрела, дифениламин, вольтамперометрия, методика, стеклоглеродный электрод

**FEATURES OF VOLTA-PEROMETRIC DETERMINATION
OF DIPHENYLAMINE ON CARBON-CONTAINING ELECTRODE
AND THE METHOD OF ITS DEFINITION IN PRODUCTS SHOT****¹Slepchenko G.B., ¹Sorokin I.A., ²Nekhoroshev S.V.**¹*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: nikel527@mail.ru;*²*Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk*

The electrochemical behavior of diphenylamine on a glassy carbon electrode was studied. The influence of accumulation potential and time, the potential sweep rate on the analytical signal of diphenylamine has been studied. The working conditions for the determination of diphenylamine were determined: the accumulation time for 30 seconds at an accumulation potential of $E_n = -0,2$ V relative to the silver chloride electrode against a background of $0,2\text{ M Na}_2\text{HPO}_4$, with removal of oxygen from the background electrolyte by nitrogen purge, followed by recording of the anode peak in the first derivative Current potential with a step change in the potential from $0,0$ V to $1,1$ V. The possibility of determining diphenylamine by the method of inversion voltammetry in shot products is shown, and also for establishing the distance «close on the shot». An algorithm for sample preparation of objects with bullet damage is developed, which consists in preparing an average sample and extraction with ethyl alcohol.

Keywords: products shot, diphenylamine, voltamperometry, technique, glassy carbon electrode

Дифениламин используется в различных отраслях промышленного органического синтеза при производстве красителей, вводится в качестве добавки как стабилизатор эпоксидных смол, поливинилхлорида и пр. Также дифениламин используется как индикатор в аналитической химии, ингибитор коррозии, стабилизатор пироксилиновых (бездымных) порохов [1]. При производстве выстрела дифениламин в микроколичествах отлагается на ладонях и тыльных поверхностях рук стрелявшего человека, его одежде, а также на пораженном объекте и на предметах вещной обстановки места происшествия. Идентификация микроколичеств дифениламина является важной задачей при проведении судебной криминалистической экспертизы, для решения которой используется метод

хроматомасс-спектрометрии [2]. Однако недостатком данного метода является малая чувствительность, высокая стоимость аналитического оборудования и отсутствие методики количественного определения дифениламина. В связи с этим встает вопрос о разработке нового способа определения дифениламина.

В последние годы в практике широко используется инверсионная вольтамперометрия, так как обладает высокой чувствительностью, отличается простотой анализа, экспрессностью и доступностью. Многообразие применяемых электродов позволяет проводить определение органических и неорганических элементов и веществ с высокой точностью. Так, инверсионная вольтамперометрия активно используется при исследовании объектов пищевой, космети-

ческой, фармацевтической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, экологии, сельского хозяйства и медицины [3–5].

На сегодняшний день изучено электрохимическое поведение большинства катионов металлов, многих анионов минеральных и органических кислот, а также некоторых фармацевтических препаратов и красителей, что нашло свое практическое применение в аналитической химии [6]. Кроме того, современные представления об органических веществах позволяют предположить, что многие токсичные вещества, биологически активные соединения, взрывчатые вещества способны участвовать в электрохимической реакции, однако этот вопрос недостаточно изучен. Все это позволяет предположить, что вольтамперометрический анализ может быть успешно применен в криминалистике для определения продуктов выстрела, в частности дифениламина.

Целью работы является исследование вольтамперометрического поведения дифениламина на стеклоуглеродном электроде, выбор основных рабочих условий и разработка методики вольтамперометрического определения дифениламина в продуктах выстрела.

Вольтамперометрическое определение дифениламина основано на процессе электродного концентрирования дифениламина на поверхности рабочего стеклоуглеродного электрода с последующим растворением

(окислением) и одновременной регистрации пика дифениламина при потенциале, характерном для него.

В качестве индикаторного электрода нами был выбран стеклоуглеродный электрод (СУЭ). Стеклоуглеродный электрод был выбран из-за его высокой электрохимической и химической устойчивости, широкого диапазона рабочих потенциалов, и простотой механического обновления его поверхности. Стеклоуглерод в настоящее время является наиболее перспективным электродным материалом в электроаналитической химии. Известно несколько разновидностей стеклоуглерода, выпускаемых в различных странах. Общими для всех марок стеклоуглерода является высокая химическая устойчивость в агрессивных средах, беспористость и высокая твердость. По своим электрохимическим свойствам индикаторные электроды из различных марок стеклоуглерода отличаются по значению остаточного тока и интервалу рабочих потенциалов.

Для вольтамперометрического определения дифениламина на модельных растворах экспериментально были выбраны рабочие условия (фоновый электролит, потенциал и время электролиза, скорость изменения потенциала). В качестве фонового электролита был подобран раствор 0,2 М натрия фосфорнокислого двузамещенного (Na_2HPO_4). Указанный фоновый электролит и его концентрация подобраны экспериментально.

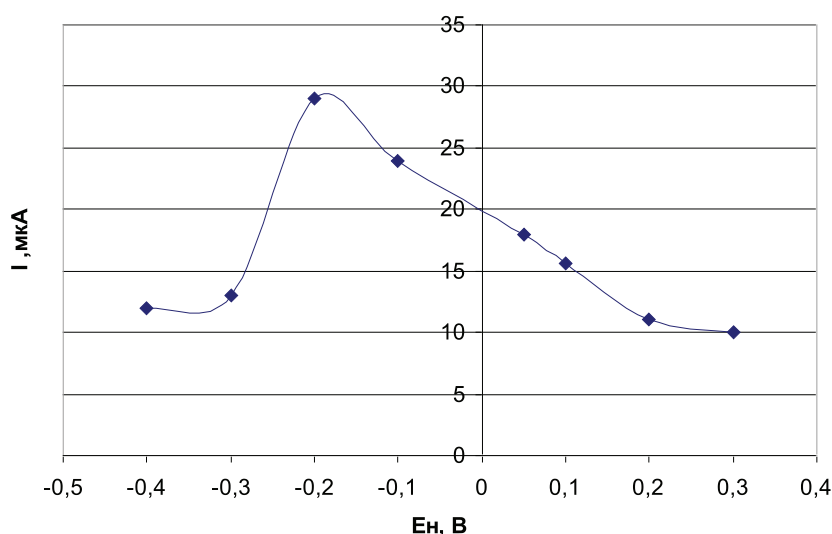


Рис. 1. Зависимость тока дифениламина от потенциала накопления на СУЭ

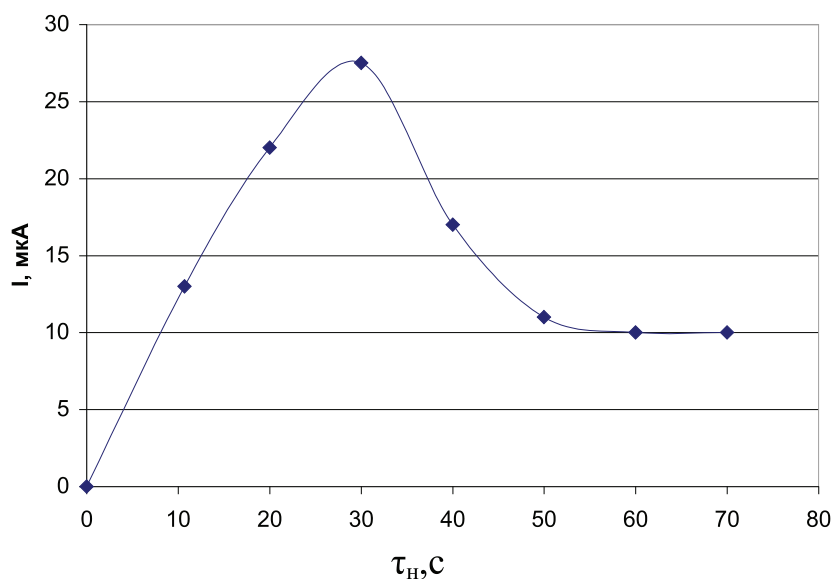


Рис. 2. Зависимость тока дифениламина от времени накопления на СУЭ

На стеклоуглеродном электроде исследована кинетика накопления дифениламина. На рис. 1 и 2 показаны зависимости тока дифениламина (I , μA) от потенциала накопления (E_n , В) и времени накопления (τ_n , с). Потенциал накопления варьировали в диапазоне от $-0,3$ В до $0,3$ В. Время накопления варьировали от 0 с до 70 с.

Из рис. 1 видно, что область предельного тока дифениламина находится в диапазоне потенциала накопления от $-0,2$ В до $0,1$ В. Нами выбран потенциал накопления $E_n = -0,2$ В, который находится в этом диапазоне.

Выбор времени накопления (τ_n) зависит от концентрации дифениламина в растворе: чем она меньше, тем необходимо больше τ_n для получения хорошо измеряемого сигнала. На рис. 2 показано, что величина аналитического сигнала дифениламина слабо зависит от времени накопления. Накопление дифениламина проводили при потенциале $-0,2 \div -0,3$ В и при этих значениях потенциала дифениламин, по-видимому, адсорбционно концентрируется на поверхности СУЭ и преимущественно находится в восстановленной форме. Поэтому целесообразно использовать время накопления $\tau_n = 30$ с.

Рабочим значением скорости развертки поляризующего напряжения является $w = 55$ мВ/с. При более высоких скоростях чувствительность определения повышается незначительно, но форма аналитиче-

ского сигнала дифениламина искажается. Установленные значения E_n и τ_n позволяют регистрировать хорошо воспроизводимые пики дифениламина с четко выраженным максимумом.

Таким образом, нами подобраны условия вольтамперометрического определения дифениламина на СУЭ (рис. 3), основанный на накоплении дифениламина в течение 30 с при потенциале накопления $E_n = -0,2$ В относительно ХСЭ на фоне $0,2\text{M Na}_2\text{HPO}_4$, с удалением кислорода из фонового электролита продувкой азота, с последующей регистрацией аналитического сигнала при ступенчатом изменении потенциала $0,0 \div 1,1$ В в режиме первой производной тока по потенциалу.

Методом добавки аттестованной смеси определяли концентрацию дифениламина по высоте пика при потенциале аналитического сигнала $(0,7 \pm 0,05)\text{В}$.

Проведена проверка правильности предложенной методики с помощью метода «введено – найдено», погрешность анализа составила не более 15%. Диапазон определяемых содержаний составлял от 0,001 до 15 мг/л, диапазон линейных значений – от 0,001 до 0,054 мг/л.

Для вольтамперометрического определения дифениламина в продуктах выстрела необходима стадия пробоподготовки, которая заключается в переводе дифениламина с объекта-носителя в раствор путем экстракции. В качестве объекта-носителя,

содержащего продукты выстрела, в частности дифениламин, использовали мишени из бязи с пулевым повреждением, подготовленные специальным образом. Для этого производили серию отстрелов из пистолета Макарова калибра 9 мм патронами с пулей со свинцовым сердечником по мишеням из бязи с различных дистанций. Выстрелы производили по трем мишеням для каждой дистанции, с углом наклона траектории полета пули к плоскости мишени, равным 90° . Далее изучали влияние природы растворителя и времени на полноту экстракции дифениламина. В качестве растворителей нами были выбраны: 7%-й раствор азотной кислоты, дистиллированная вода, ацетон, этиловый спирт. Эффективность экстракции оценивали путем вольтамперометрического измерения аналитического сигнала дифениламина на стеклоуглеродном электроде в подобранных условиях и определения концентрации методом добавки через 5, 15, 24, 36 часов после экстракции.

Этиловый спирт является достаточно эффективным растворителем для извлечения дифениламина, а также после 24 часов экстракции извлекается максимально возможное количество дифениламина. В то же время использование раствора азотной кислоты, дистиллированной воды и ацетона все нецелесообразно.

Для изучения характера распределения дифениламина на поверхности мишеней после выстрела каждую мишень, представляющую собой прямоугольный фрагмент белой бязи с огнестрельным повреждением,

раскладывали на листе фильтровальной бумаги и находили пулевое повреждение, которое принимали за центр мишени. Мишень размечали относительно ее центра при помощи циркуля с графитовым стержнем на участки в виде окружностей диаметром 20, 50, 200 мм, вписанных друг в друга.

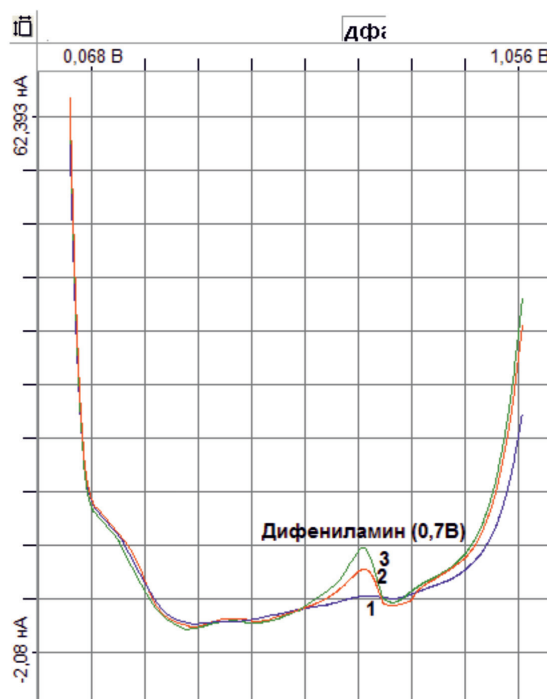


Рис. 3. Вольтамперограмма дифениламина на СУЭ. Условия: $E_n = -0,2 \text{ В}$, $\tau_n = 30 \text{ с}$:
1 – фоновый электролит $0,2 \text{ М Na}_2\text{HPO}_4$;
2 – C дифениламина = $0,01 \text{ мг/л}$;
3 – C дифениламина = $0,02 \text{ мг/л}$

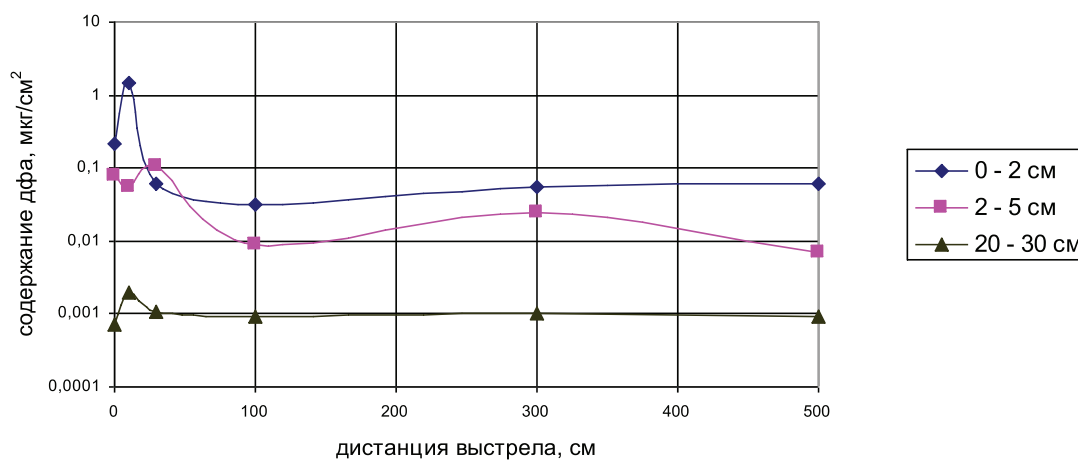


Рис. 4. Зависимость содержания дифениламина на различных участках материала мишеней от дистанции выстрела из 9 мм пистолета Макарова

Размеченные таким образом окружности делили по вертикали и горизонтали на четыре части. После чего при помощи ножа с керамическим клинком вырезали одну произвольно взятую часть (1/4), которую разрезали по намеченным дугообразным линиям на три фрагмента. Полученные фрагменты мишени (каждый отдельно) взвешивали на аналитических весах, помещали в отдельные химические стаканы и экстрагировали этиловым спиртом в течение 24 часов.

Затем, из полученного спиртосодержащего раствора отбирали аликвоту объемом 0,03 мл, помещали в раствор фоновго электролита и проводили вольтамперометрическое определение дифениламина, концентрацию определяли методом стандартной добавки.

В ходе измерения на трех мишенях концентраций дифениламина, полученных при стрельбе для каждой дистанции, определяли средние значения концентраций и их доверительные интервалы. С учетом того что масса фрагмента материала мишени (бязи) площадью 1 см² составила 0,01346 г, пересчитывали содержание дифениламина в 1 см² материала мишени.

Для исследования влияния дистанции выстрела на отложение дифениламина по поверхности бязи были построены графические зависимости содержания дифениламина (по логарифмической шкале) в материале мишени от дистанции выстрела из пистолета Макарова патроном со свинцовой безоболочечной пулей (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что отложения дифениламина на поверхности мишеней, находящихся на разном удалении от центра повреждения, при выстреле с различных дистанций, значительно различаются. Кривые содержания дифениламина на начальном этапе имеют выраженные максимумы, что можно объяснить наложением процессов образования продуктов выстрела на многослойной преграде при воздействии газопороховой струи. Вокруг центров повреждения, образованных пулями, имеются фрагменты содержащие большое количество дифениламина. Во всех мишенях на фрагментах, прилегающих к пулевому повреждению (на расстоянии до 10 мм от центра), обнаружено повышенное количество дифениламина. Это можно объяснить образованием «пояска обтирания» вокруг пулевого повреждения при прохождении

пули через преграду, что подтверждается высокими концентрациями дифениламина для огнестрельных повреждений, образованных в результате «близкого выстрела», и от выстрела с расстояния 500 см, для которой газопороховая струя не способна значительно повлиять. С увеличением расстояния от центра огнестрельного повреждения к периферии для каждой мишени наблюдается уменьшение содержания дифениламина, что хорошо согласуется с теорией воздействия газопороховой струи на материал преграды.

При определении дистанции «близкого выстрела» по содержанию дифениламина подходит фрагмент мишени, находящийся на расстоянии от 0 мм до 20 мм.

Таким образом, нами впервые получен вольтамперометрический сигнал дифениламина на стеклоуглеродном электроде. Исследовано влияние различных факторов на аналитический сигнал (фоновый электролит, потенциал и время электролиза, скорость изменения потенциала), подобраны рабочие условия определения дифениламина с минимальной концентрацией его содержания $C_{\min} = 0,001$ мг/л.

Показана возможность применения инверсионной вольтамперометрии для определения дифениламина в продуктах выстрела, а также установления дистанции «близкого выстрела».

Список литературы

1. Ануфриев М.В., Бачурин Л.В., Мокроусов А.А. и др. Выявление продуктов выстрела на руках и одежде проверяемых лиц с целью установления факта производства ими стрельбы: методические рекомендации. – М.: ЭКЦ МВД России, 1999. – 33 с.
2. Казимиров В.И. Обнаружение компонентов продуктов выстрела на объектах-носителях комплексом инструментальных методов: дис. ... канд. хим. наук. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, 2009. – 129 с.
3. Слепченко Г.Б. Контроль качества и безопасности биологически активных добавок методом вольтамперометрии, определение Zn, Cd, Pb, Cu, Fe, As, Se / Г.Б. Слепченко // Химико-фармацевтический журнал. – 2005. – Т. 39, № 11. – С. 50–53.
4. Слепченко Г.Б., Пикула Н.П., Захарова Э.А. и др. Применение вольтамперометрических методов для контроля биологических объектов на содержание микроэлементов / Слепченко Г.Б. // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319, № 3. – С. 69–73.
5. Слепченко Г.Б., Захарова Э.А., Черемпей Е.Г. и др. Контроль качества и безопасности биологически активных добавок методом вольтамперометрии. Определение Zn, Cd, Pb, Cu, Fe, As, Se / Слепченко Г.Б. // Химико-фармацевтический журнал. – 2005. – Т. 39, № 11. – С. 50–53.
6. Сорокин И.А., Слепченко Г.Б., Нехорошев С.В. Контроль компонентов продуктов выстрела методом инверсионной вольтамперометрии / Слепченко Г.Б. // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2016. – № 4 (6). – С. 31–38.

УДК 581.522:582.623.2

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ИВ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

¹Гетманец И.А., ²Артеменко Б.А.

¹ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, e-mail: igetmanec@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: artemenkoba@cspu.ru

Обоснованы эколого-ценотические группы (ЭЦГ) рода *Salix* L., играющего важную роль в растительном покрове, особенно в условиях среды, близких к пределу существования растительной жизни. Фитоиндикация экотопов ив проведена по спискам видов, зарегистрированных в геоботанических описаниях сообществ методом непрямого градиентного анализа, позволяющим выявить максимальное варьирование факторов. Ценотические свойства видов оценены по их обилию в ординации пространства описания типовых сообществ. Анализ экологических свойств ив проведен по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова. Для получения экологических параметров местообитаний списки ценопопуляций видов обработаны с использованием компьютерной программы «EcoScaleWin». При сопоставлении балловых оценок местообитаний эколого-ценотических групп ив по климатическим и эдафотопическим факторам и фактору освещенности/затенения использован дисперсионный анализ Краскела-Уоллеса и медианный тест. Рассчитанные индексы толерантности по климатическим и эдафическим факторам позволяют отнести виды ЭЦГ к разным группам бионтичности. По климатическим факторам мезобионтными являются виды аркто-монтанной и болотной групп эврибионтными – пойменной и лесной групп. По почвенным факторам: аркто-монтанная группа стенобионтна; болотная группа – гемистенобионтна; пойменная группа – мезобионтна. Состав ЭЦГ уточнен по результатам анализа экологических и ценотических свойств видов. Объединения видов с одинаковыми диапазонами экологических режимов местообитаний и их сходные требования, предъявляемые к комплексу абиотических факторов, позволили получить достоверную информацию о специфике местообитаний и фрагментах реализованных экологических ниш. Нами выделены следующие ЭЦГ: аркто-монтанная, пойменная, болотная, лесная – и описано их экологическое пространство. ЭЦГ соответствуют субстратно-экологические группы ив, отличающиеся набором биоморфологических адаптаций.

Ключевые слова: род *Salix* L., Южный Урал, индекс бионтичности, фитоиндикационные шкалы, эколого-ценотические группы, экологическое пространство

ECO-COENOTIC GROUPS OF WILLOWS IN THEIR ECOLOGICAL SPACE

¹Getmanets I.A., ²Artemenko B.A.

¹Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, e-mail: igetmanec@mail.ru;

²South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: artemenkoba@cspu.ru

The article presents eco-coenotic groups (ECG) of *Salix* L. genus that plays an important role in vegetation, especially in the environmental conditions close to the limit of vegetation existence. Phytoindication of willow ecotops is made according to list of species registered in geobotanical descriptions of communities within the framework of indirect gradient analysis allowing identifying the maximum variation of factors. The coenotic properties of species are evaluated according to their variety in space ordination of model communities descriptions. Analyzing ecological properties of willows is performed according to ecological scales by D.N. Tsyganov. In order to obtain ecological properties of habitat, the species coenopopulation lists are processed with the use of «EcoScaleWin» software. Comparing point appraisals of habitat of eco-coenotic groups of willows according to climatic and edaphotopic factors and illumination / obscurity factor involves Kruskal-Wallis analysis of variance and median test. Tolerance indexes calculated according to climatic and edaphic factors allow classifying ETSG species according to various biont groups. According to climatic factors, mesobiont species include arcto-montagne and wading groups, euribiont species include floodplain and forest groups. According to soil factors – arcto-montagne group is stenobiont; wading group is hemisthenobiont; floodplain group is mesobiont. The ECG composition is specified according to analysis of ecological and coenotic properties of species. The ECG composition is specified according to species ecological and coenotic properties analysis. The species communities with similar diapasons of the habitat ecological modes and their similar requirements to the range of abiotic factors allowed obtaining valid information on habitats specificity and fragments of ecological niches created. We identified the following ECG: arcto-montagne, floodplain, wading, forest and described their ecological space. ECG include substrate-ecological groups of willows different by their biomorphological adaptations.

Keywords: *Salix* L. genus, Southern Ural, tolerance index, phytoindication, eco-coenotic groups (ECG), ecological space

Виды рода *Salix* L., самого многочисленного в дендрофлоре Урала, играют важную роль в растительном покрове, особенно в экстремальных условиях, близких к пределу существования растительной жизни, где, как правило, являются эдификаторами

или ассектаторами; отличаются экологическим и структурным разнообразием.

Как считают многие ученые, одним из методов экологической оценки видов является анализ их распределения в пространстве градиентов факторов среды и выде-

ление экологических групп [5]. Согласно Ellenberg (1991) [13], экологическая группа объединяет виды, предъявляющие сходные требования к комплексным градиентам, что позволяет получить достоверную информацию о местообитаниях, так как одни и те же параметры оценивают свойства видов и среды обитания и совпадают с представлением общих экоморф.

Для выявления фитоценотической приуроченности используют термин «эколого-ценотические группы», под которым понимают группы видов растений, сходных отношением к совокупности экологических факторов, присущих биотопам того или иного типа, характеризующихся высокой степенью взаимной сопряженности и приуроченных к местообитаниям определенного типа. Исследователями неоднократно выделялись ЭЦГ различных сообществ. В качестве примера можно привести работы В.И. Смирнова, где на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа приведено обоснование системы эколого-ценотических групп сосудистых растений лесной зоны [9, 10]. А также исследования С.В. Дегтевой, А.Б. Новаковского, посвященные разработке системы эколого-ценотических групп сосудистых растений в растительном покрове равнинных, предгорных и горных ландшафтов бассейна реки Печора с применением комплекса различных математических методов и последующей экспертной оценки результатов [4, 8]. Кроме того, Н.А. Чижиковой с соавторами проанализировано влияние количественных и качественных данных об эколого-ценотических группах видов, на выраженность фитоценотической смены [11]. Однако с учетом того, что ценотическая роль одного и того же вида в разных частях ареала в той или иной степени меняется, выявление ЭЦГ в растительном покрове различных регионов остается и сегодня актуальной задачей.

Основываясь на классификации ЭЦГ сосудистых растений Европейской России, О.В. Смирновой, учитывая индексы бионтности [2] и адаптивные биоморфологические признаки, являющиеся маркерами субстратно-экологических групп [14], а также экспертные оценки геоботанических описаний, мы выделяем среди ив четыре ЭЦГ: аркто-монтанная, пойменная, болотная, лесная и приводим фрагменты реализованных ниш, с использованием метода фитоиндикации, что и определяет цель представленной работы.

Материалы и методы исследования

Название видов ив приведено в соответствии с принципом приоритета МКБН; латинские названия сверены с данными международного сайта International Plant Names Index.

Полевые исследования видов рода *Salix* L. проведены в пределах двух физико-географических стран: Уральской горной и Западно-Сибирской низменной в период 1989–2016 гг. Описание экологических характеристик местообитаний сообществ аркто-монтанных ив осуществлено в различных типах тундровых сообществ (голубично-вороничных, дриадово-вороничных, осоково-ритидиевых, ястребинко-пушицево-политрихевых и др.) гольцового пояса, а также в подгольцовом поясе в сообществах редкостойных березовых лесов и криволесий, вторичных горных лугов и кустарниковых зарослей гор Уреньга, Нургуш, Зигальга и Ирмель, на высотных пределах от 750–800 до 1406 метров над уровнем моря. Экологическое разнообразие ив болотных комплексов изучено в болотных сообществах эвтрофной травяно-моховой, мезотрофной травяно-кустарничковой и лесной групп формаций в пределах болотных массивов восточных предгорий, расположенных в горнолесной зоне Южного Урала. Экопическая приуроченность пойменных ивняков исследована в пределах хорошо разработанной поймы реки Урал (протяженность маршрута исследования составила около 70 км), расположенной в степной зоне Челябинской области.

Анализ экологических свойств ив проведен по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [12]. Рассчитаны индексы толерантности видов по климатическим и эдафическим факторам [5]. Фитоиндикация экотопов ив проведена по спискам видов, зарегистрированных в геоботанических описаниях сообществ, путем заложения стационарных площадок, размеры которых определены особенностями фитогенных полей изучаемых растений. Всего было обработано 300 геоботанических описаний. Ценотические свойства видов оценены по их обилию (шкала Друде-Уранова) в ординации пространства описания типовых сообществ. Для получения экологических параметров местообитаний списки ценопопуляций видов преобразованы в специальный формат и обработаны с использованием компьютерной программы «EcoScaleWin» [7].

При сопоставлении балловых оценок местообитаний эколого-ценотических групп ив по климатическим и эдафическим факторам и фактору освещенности / затенения использован дисперсионный анализ Краскела-Уоллеса и медианный тест [5].

При сравнении выделенных групп вычислялось значение P – вероятность того, что новые случайные выборки из тех же популяций будут различаться в той же или большей степени, если нулевая гипотеза (об отсутствии различий между популяциями) верна. Предполагаемые результаты обработки интерпретировались следующим образом: за критическое значение P уровня значимости для условия принятия нулевой гипотезы принято значение $P \geq 0,01$.

В таблице приведены результаты сравнения балловых оценок местообитаний ЭЦГ по 9 факторам с помощью дисперсионного анализа Краскела-Уоллеса и медианного теста. Анализ результатов показал, что балловые оценки местообитаний ЭЦГ видов рода *Salix* L. по 9 экологическим шкалам в пределах территории Южного Урала различаются. Значения P по фактору L_c свидетельствуют об отсутствии различий

в балловых оценках местообитаний ЭЦГ. Это можно объяснить тем, что все ивы гелиофиты и располагаются в растительных сообществах в I ярусе или подлеске (с разрежением древесного яруса) и не испытывают затенения.

Результаты исследования и их обсуждение

Графическим представлением результатов наших исследований являются диаграммы размаха, которые соответствуют балловому диапазону экологических режимов представленных ЭЦГ. По оси абсцисс размещены ЭЦГ, по оси ординат – диапазоны балловых оценок экологических факторов по шкалам Д.Н. Цыганова. Диаграмма размаха для каждого фактора содержит квартильный размах, включающий 25–75 % выборки и медиану (рис. 1).

Анализ диаграмм размаха балловых оценок местообитаний ЭЦГ показал следующее. Наибольшее различие наблюдается по фактору увлажнения почв, который относится к прямодействующим. Как можно видеть, выделяющейся группой является болотная, балловые диапазоны которой соответствуют болотно-лесолуговому типу режима, что характерно для различных форм депрессии рельефа с близким залеганием водоупорных горизонтов. Вместе с тем, диапазон размаха незначителен, а квартильный размах, соответствующий ему, большой. Следовательно, максимальное число выборок располагается в этом режиме (рис. 1).

Не менее отличима и пойменная группа, диапазоны размаха которой располагаются в режиме от сыро-лесолугового до мокро-лесолугового, соответствующем режиму как пойм и террас, так и низких берегов, с грунтовыми водами проточного характера, близко расположенной капиллярной каймой и намывным амфибиальным типом режима. Этот размах можно объяснить тем, что в выборку попали ивняки с разной экологической приуроченностью и соответственно

отличающиеся режимом увлажнения: ивняки узких полос первичного аллювия; береговые ивняки и ивняки первой надпойменной террасы. Что касается двух оставшихся групп: аркто-монтанной и лесной, – то по данному фактору они существенно не различаются. Но размах диапазона у лесной значительно выше, так как в эту группу объединены выборки различных лесных синузий. Последние могут располагаться в разных режимах увлажнения – от сухо-лесолугового на плакорных местообитаниях при легком механическом составе почв, характерном для сосново-березовых лесов, до сыро-лесолугового, наблюдаемого в понижениях рельефа с почвами тяжелого механического состава, но при условии сохранения супесчаных горизонтов с близким расположением грунтовых вод, что типично для байрачных лесов и западных колков степной зоны Южного Урала. Незначительный размах в 1-й группе можно объяснить тем, что все выборки описаны с горных плато различных вершин Уральских гор, отличающихся сходными условиями по данному фактору и соответствующие влажно-лесолуговому увлажнению.

Следующий прямодействующий фактор – солевой режим (рис. 2).

По нему группы 1-я и 2-я не имеют значимых различий, в результате совпадения квартильного размаха и медианы большая часть выборок находится в гликомезотрофном режиме. Это объясняется сходством субстрата: в первом случае – состоящим из щебенчатых оподзоленных суглинистых и супесчаных почв, характеризующихся содержанием гумуса до 3 %; во втором – торфянистых почв с преобладанием процесса выноса геохимических подвижных соединений и подвергающихся процессу болотообразования. Что касается 3-й и 4-й групп, то они совпадают по всем параметрам и характеризуются режимом трофности от небогатых до довольно богатых.

Статистическая достоверность результатов сравнения балловых оценок местообитаний

Уровень значимости (P)	Экологические шкалы Д.Н. Цыганова								
	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc
по критерию Краскела – Уоллиса,	<0,001	<0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,100
по медианному тесту	<0,001	<0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,100

Примечание. Экологические шкалы Д.Н. Цыганова [9]: Tm – термоклиматическая, Kn – континентальности климата, Om – омброклиматическая, Cr – криоклиматическая, Hd – увлажнения почвы, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, Lc – освещенности-затенения.

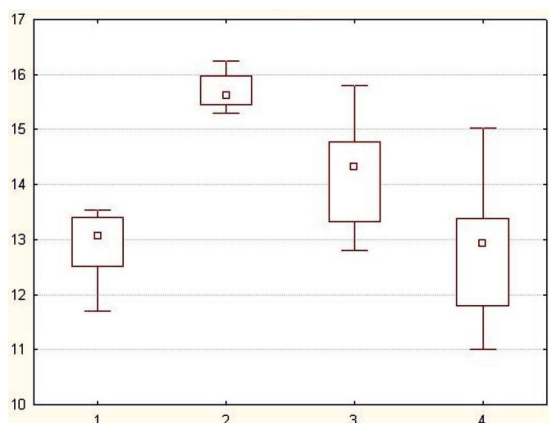


Рис. 1. Распределение ЭЦГ по фактору увлажнения (Hd). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Hd Д.Н. Цыганова

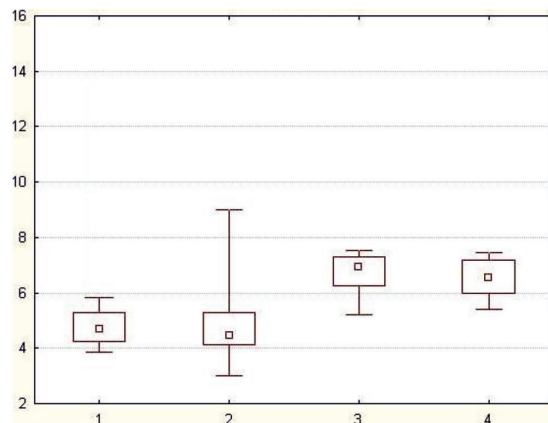


Рис. 2. Распределение ЭЦГ по фактору трофности почв (Tr). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Tr Д.Н. Цыганова

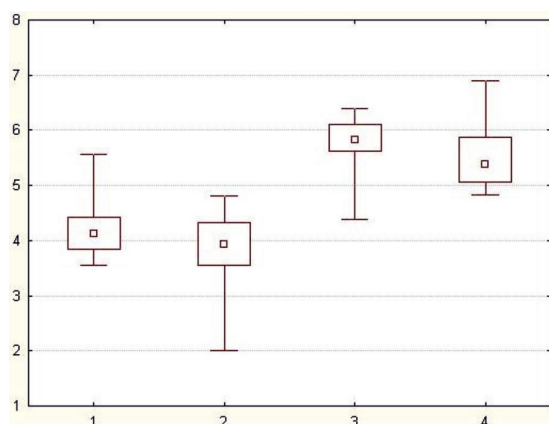


Рис. 3. Распределение ЭЦГ по фактору богатства почв азотом (Nt). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Nt Д.Н. Цыганова

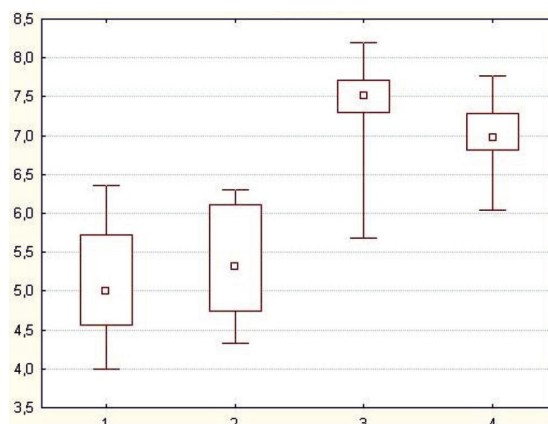


Рис. 4. Распределение ЭЦГ по фактору кислотности почв (Rc). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Rc Д.Н. Цыганова

Таким образом, можно заключить, что ивы являются достаточно толерантными к трофности субстрата и могут произрастать при небольшой количестве содержания минеральных солей в нем.

Перейдем к фактору богатства почв азотом (рис. 3). Известно, что содержание азота в почве коррелирует с содержанием гумуса. Анализируя распределение по данному фактору, мы наблюдаем эту тенден-

цию в реальности. Как и при анализе солевого режима, по фактору богатства почв азотом также устанавливается сходство 1-й и 2-й групп по квартильному размаху и медиане, но отличаются минимальные и максимальные значения, которые, тем не менее, соответствуют режиму бедных и небогатых почв. Что касается групп 3-й и 4-й, то отмеченная прямопропорциональная зависимость солевого и азотного режима очевид-

на. Большой размах в 3-й группе в сторону минимального значения дают ивняки первичного аллювия, произрастающие в режиме слабой обеспеченности азотом.

Анализ эдафотопических факторов следует дополнить фактором кислотности почв, имеющим вспомогательное значение и определяемым предыдущими (рис. 4).

По этому фактору наименьшее значение имеют группы 1-я и 2-я. Минимальные и максимальные значения диапазонов размаха практически совпадают, незначительные отличия касаются медиан и квартильного размаха. Режим кислотности почв укладывается в интервал от 4,0 до 6,0 баллов и соответствует сильнокислым и слабокислым почвам. Стоит также отметить и то, что группы аркто-монтанная и болотная резко отличаются от пойменной и лесной. Между последними имеются несущественные различия, проявляющиеся в разнице границ квартильного размаха и медианы, но, тем не менее, они располагаются в диапазоне фактора от слабокислых до нейтральных почв.

Переходим к анализу групп по климатотопическим факторам, из числа которых прямым действующим является зональный режим тепла, определяемый термозонами широтного размещения (рис. 5).

Такой подход делает понятным распределение диаграмм размаха эколого-ценотических групп в системе экологических рядов терморегима, выраженного через годовой радиационный баланс. Его значения четко различаются в пределах ботанико-географических зон Южного Урала. Группа 1-я приурочена к местообитаниям, для которых характерен минимальный показатель радиационного баланса (20–30 ккал/см*см в год – горные плато вершин). Выборки 2-й группы были изучены в лесных сообществах, радиационный баланс которых значительно выше предыдущего. Дальнейшее увеличение этого показателя прослеживается у групп 3-й и 4-й, изучение которых проведено в пределах лесостепной и степной зон Южного Урала.

Следующим климатическим фактором является криоклиматический. Он определяется изотермой самого холодного месяца и находится в прямопропорциональной зависимости от годового радиационного баланса. Это объясняет сходное размещение диаграмм, представленных на рис. 5 и 6. Самые низкие изотермы характерны для групп 1-й и 2-й, которые отличаются квартильным размахом вследствие того что к критерийным относится большее число выборок 1-й группы (рис. 6).

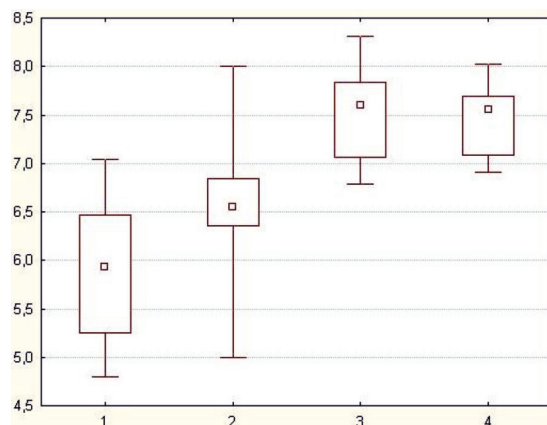


Рис. 5. Распределение ЭЦГ по термоклиматическому фактору (Тм). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Тм Д.Н. Цыганова

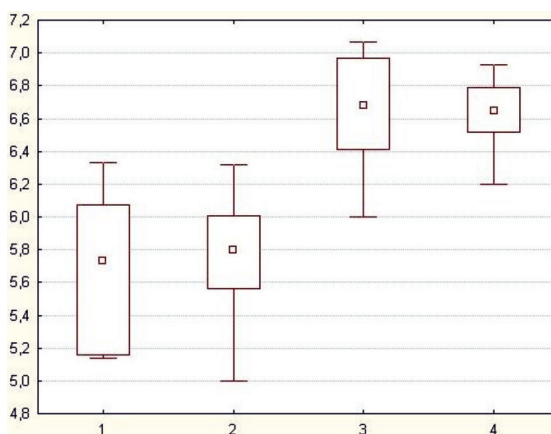


Рис. 6. Распределение ЭЦГ по криоклиматическому фактору (Cr). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Cr Д.Н. Цыганова

В субкриотермном режиме умеренных зим располагаются 3-я и 4-я группы (с совпадением медиан), отличающиеся квартильным размахом.

Последним климатотопическим фактором является омброклиматический, который определяется через разность осадков-испаряемости. Две диаграммы – 3-й и 4-й групп – лежат в одном диапазоне минимальных и максимальных значений с совпадением квартильного размаха от 7,0 до

9,0 баллов, что соответствует субаридному и субгумидному типу режимов, с разницей испарения осадков от 0 до 400 мм/год. Приблизительно в этих же пределах находится и диаграмма 1-й группы, с той лишь поправкой, что предел ее минимума находится на уровне 8,0 баллов, и относится к промежуточному типу режима: субаридному / субгумидному. Резко отличаются показатели минимума и максимума у болотной группы, где предел максимума гумидному типу режима, с разницей выпадения осадков от 400 до 800 мм/год (рис. 6).

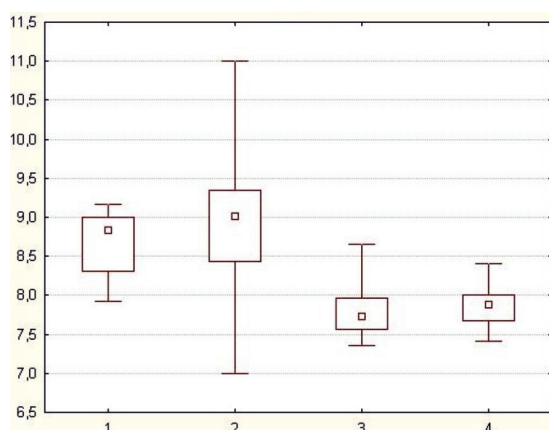


Рис. 7. Распределение ЭЦГ по омброклиматическому фактору (От). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале От Д.Н. Цыганова

Описанным ЭЦГ, за исключением лесной, соответствуют субстратно-экологические группы ив, описанные нами ранее: пойменной – флювиафиты, аркто-монтанной – петрофиты и болотной – сфагнофилы, особи которых характеризуются специфическими наборами биоморфологических адаптаций, которые представляют своего рода индикаторы местообитаний и отражают специфику местообитаний сообществ. Для сфагнофилов отмечена «этажированность» систем побегов формирования, некротическая и физиологическая партикуляция, интенсивное обновление корневой системы, вегетативная подвижность, погребение в моховой субстрат. Для петрофитов характерны: миниатюризация, нанизм, полимеризация, олигомеризация побеговых систем, преобладание подземных частей над надземными, бриофилизация. К адаптациям флювиафитов относятся: раннее

формирование кустовидной формы роста, большое число прочных систем побегов формирования, полегание их базальных частей по направлению течения реки, образование опорных придаточных корней, удерживающих растение [14].

Кроме того, рассчитанные индексы толерантности по климатическим и эдафическим факторам позволяют отнести виды ЭЦГ к разным группам бионтности [3]. Особенно четко это прослеживается у следующих групп. По климатическим факторам мезобионтными являются виды аркто-монтанной (*Salix arctica* Pall., *S. glauca* L., *S. lanata* L., *S. phylicifolia* L., *S. uralicola* I. Beljaeva) и болотной групп (*S. aurita* L., *S. lapponum* L., *S. cinerea* L., *S. myrsinifolia* Salisb., *S. pyrolifolia* Ledeb., *S. myrtilloides* L.); эврибионтными – пойменной (*S. alba* L., *S. x fragilis* L., *S. acutifolia* Willd., *S. gmelini* Pall., *S. triandra* L., *S. pentandra* L., *S. vinogradovii* A. Skvorts., *S. viminalis* L.) и лесной (*S. caprea* L., *S. rosmarinifolia* L., *S. starkeana* Willd., *S. bebbiana* Sarg.) групп. По почвенным факторам: аркто-монтанная группа стенобионтна; болотная группа – гемистенобионтна; пойменная группа – мезобионтна.

Заключение

Состав ЭЦГ уточнен по результатам анализа экологических и ценотических свойств видов. В качестве экологических свойств проанализированы балльные оценки по факторам фитоиндикационных шкал, в качестве ценотических характеристик взяты координаты видов в экологическом пространстве описания типовых сообществ; в качестве структурных – наборы биоморфологических адаптаций.

Объединения видов с одинаковыми диапазонами экологических режимов местообитаний и их сходные требования, предъявляемые к комплексу абиотических факторов, позволили описать фрагменты реализованных экологических ниш, с использованием метода непрямого градиентного анализа, позволяющего выявить оси максимального варьирования факторов.

Описанный подход к выделению ЭЦГ видов ив удобен для оценки общих структурно-функциональных черт растительного покрова Южного Урала, так как в нем использованы генерализованные описания растительности (несколько групп) вместо сотен видов. Исследование интересно для территориальных выделов, с характерной высотной поясностью, где ивы играют важную роль в растительном покрове, особен-

но в экстремальных условиях, а также и для других территорий, так как в числе выделенных ЭЦГ пойменная и болотная имеют интразональный характер.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» по договору на выполнение научно-исследовательских работ от 14.04.2017 г. № 16-449 по теме «Биоиндикационная оценка природных зон Южно-го Урала с использованием энтомофауны».

Список литературы

1. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA [Текст] / В.П. Боровиков. – М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 288 с.
2. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современности: в 2 кн. [Текст] / под ред. О.В. Смирновой. – М.: Наука, 2004. – Кн. 1. – 479 с.
3. Гетманец И.А. Экологическая характеристика ив Южного Урала // Вестник Оренбург. гос. ун-та. – 2011. – № 6. – С. 136–141.
4. Дегтева С.В., Новаковский А.Б. Система эколого-ценотических групп в растительном покрове ландшафтов бассейна верхнего и среднего течения р. Печора // Ботан. журн. – 2009. – Т. 94, № 6. – С. 805–824.
5. Жукова Л.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений [Текст] / Л.А. Жукова, Ю.А. Дорогова, Н.В. Турмухаметова [и др.]. – Йошкар-Ола: изд-во МарГУ, 2010. – 368 с.
6. Заугольнова Л.Б. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки [Текст] / Л.Б. Заугольнова, Т.Ю. Браславская. – М.: Изд-во КМК, 2010. – 383 с.
7. Зубкова Е.В. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin [Текст]: учебное пособие / Е.В. Зубкова, Л.Г. Ханина, Т.И. Грохлина [и др.]. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. – 96 с.
8. Новаковский А.Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Сыктывкар, 2009. – 16 с.
9. Смирнов В.Э. Экспертно-статистический подход к выделению эколого-ценотических групп видов сосудистых растений [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тольятти, 2007. – 16 с.
10. Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюл. МОИП. Сер. Биол. – 2006. – Т. 111, № 2. – С. 36–47.
11. Чижилова Н.А., Назарова Т.И., Рогова Т.В. [и др.] Пространственные взаимоотношения эколого-ценотических групп в зональных условиях хвойно-широколиственных лесов // Ученые записки Казан. гос. ун-та. Серия: Естественные науки. – 2008. – Т. 150. – Кн. 1. – С. 133–146.
12. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойных широколиственных лесов [Текст] / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
13. Ellenberg H., Weber H., Dull R. [et al]. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe] // Scriptageobotanica. – 1991. – Vol. 18. – 248 p.
14. Getmanets I.A. Morphoadaptive determination of structural diversity of biormorphs of Salix L. species in Southern Urals // Contemporary Problems of Ecology. – 2015. – Vol. 8. – Iss. 5. – P. 574–583.

УДК 630.181

ПЕРВИЧНЫЕ СУКЦЕССИИ ЛЕСОВ БЛИЗ СЕВЕРНОГО ПОЛЯРНОГО КРУГА (НИЖНЯЯ ЛЕНА, ЯКУТИЯ)**Ефимова А.П.***ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск,
e-mail: aitalina_ef@mail.ru*

С целью изучения особенностей первичного аллювиогенного лесообразования на границе северотаежной и среднетаежной подзон близ Северного полярного круга проведены лесоводственно-геоботанические работы в долине нижнего течения р. Лена. Составлена схема первичной динамики лесов, проанализированы особенности состава и структуры сериальных сообществ. Уникальное местоположение на границе двух подзон на стыке равнинного и горного биомов обуславливает особый характер лесообразовательных сукцессий. Инициальные низкопойменные стадии (*Salix viminalis*, *S. udensis*, *S. triandra*, *S. dasyclados*) протекают в целом аналогично сукцессиям Средней Лены, средние (*Alnus hirsuta*, *Betula alba*, *B. alba* x *divaricata*; *Picea obovata*) и завершающие фазы (*Larix cajanderi*) отличаются экоценоморфной пестротой, обусловленной смешением среднетаежной флоры с горнотундровыми мезопсихрофитными элементами. Впервые описаны аллювиогенные сукцессии лесов в нижнем течении р. Лены с активным участием *Pinus pumila*, *Alnus hirsuta*, *Alnus crispa* subsp. *fruticosa*. Коэффициент общности Сьёренсена-Чекановского демонстрирует низкое флористическое сходство изученных сериальных сообществ с аналогичными ценозами долины Средней Лены, что во многом связано с меньшей теплообеспеченностью, большей гумидностью и сравнительно низкой продуктивностью почв исследованного района, а также низким уровнем антропогенного воздействия. Несмотря на сравнительную бедность флоры, изученные сообщества отличаются обогащенным набором древесно-кустарниковых видов, а также усложненной вертикальной структурой – древостои и подлесок чаще высокосокомкнуты и многоярусны. Высокая полнота верхних ярусов и переходный характер почв обуславливают участие в травяно-кустарничковом покрове лесов сциофильных, кальцефильных, а также оксифильных видов растений.

Ключевые слова: первичные аллювиогенные сукцессии лесов, Нижняя Лена, Северный Полярный круг, граница среднетаежной и северотаежной подзон, Якутия

PRIMARY FOREST SUCCESSIONS NEAR THE ARCTIC POLAR CIRCLE (THE LOWER LENA, YAKUTIA)**Efimova A.P.***The Institute for Biological Problems of Cryolithozone of SD RAS, Yakutsk, e-mail: aitalina_ef@mail.ru*

For the purpose of studying of primary alluviogenous successions on border of north and middle taiga subzones near the Arctic Polar Circle forest-geobotanical researches in the valley of Lena River lower current are conducted. The scheme of primary dynamics of the forests is constituted, features of composition and structure of serial communities are analysed. Unique location on border of two subzones on a joint of plain and mountain biomes causes special nature the of forest successions. Initial low-inundated stages (*Salix viminalis*, *S. udensis*, *S. triandra*, *S. dasyclados*) proceed in general similar to successions of Middle Lena, average (*Alnus hirsuta*, *Betula alba*, *B. alba* x *divaricata*, *Picea obovata*) and closing stages (*Larix cajanderi*) differ in the ecological-coenomorph diversity caused by mixture of middle taiga flora with mountain-tundra meso-psychrophilous elements. Alluviogenous successions of the woods in the lower current of the Lena River with active participation of *Pinus pumila*, *Alnus hirsuta*, *Alnus crispa* subsp. *fruticosa* are for the first time described. Sørensen-Czekanowski's coefficient shows low similarity of the studied serial communities to phytocoenosis (associations) of the Middle Lena valley that is in many respects connected with lower warmth, a higher humidity and relative low efficiency of soils of the explored area, and also low level of anthropogenous pressure. Despite comparative poverty of flora, the studied communities differ in the enriched diversity of wood and shrubby species, and also the complicated vertical structure – forest stands and an underbrush are more often than a high canopy density and a multi-layerage of trees. High density of the top tiers and transitional character of soils cause participation in a grass-dwarf shrub cover of the woods the sciophilous, the calciphilous, and also the oxylophilous of species of plants.

Keywords: primary alluviogenous forests successions, Lower Lena, Arctic Polar Circle, border of middle and north taiga subzones, Yakutia

Изучение первичных лесообразовательных процессов в долинах северных рек позволяет понять закономерности и механизмы эволюционно сложившейся цепи сукцессий, закономерно приводящих к формированию зональной таежной растительности.

Цель исследования – изучение особенностей первичного аллювиогенного лесообразования на границе северотаежной

и среднетаежной подзон близ Северного полярного круга.

Материалы и методы исследования

Исследованы леса и кустарниковые заросли островных, материковых пойм и надпойменных террас в нижнем течении р. Лены в районе устья р. Ундулунг (66°14'12"N, 123°58'39"E) и о-ва Аграфены (о-в Эбз-Арыта, 66°10'59"N, 123°48'14"E) близ Северного полярного круга у границы среднетаежной и северо-

таежной подзон. Лесоводственно-геоботанические исследования и анализ сукцессий проведены в соответствии с традиционными методами и новейшими подходами [4, 7, 8]. Флористическое сходство сообществ рассчитано по Сьёренсену-Чекановскому [3]. Для хронологии серий нами приняты следующие временные единицы динамического ряда – стадии и фазы. Под стадией нами понимается временной отрезок, соответствующий времени доминирования господствующих видов нижних подчиненных ярусов. Под фазой сукцессионной серии подразумевается промежуток времени, соответствующий времени онтоценогенеза эдификаторного вида верхнего древесного или кустарникового яруса. Названия видов высших сосудистых растений приводятся по «Конспекту флоры Якутии» [2].

Климат исследованной области резкоконтинентальный, с холодной продолжительной зимой и корот-

ким летом. Среднемесячная температура воздуха в январе –36(–42)°С, в июле – +14(+17)°С. Течение реки оказывает заметное тепляющее влияние на окружающую растительность – вегетационный период в пойме на 15–20 дней длиннее, а сумма температур воздуха выше +10°С больше на 100–200°. Среднегодовое количество осадков – 300–350 мм. На плакорах широко распространен ледовый комплекс с повторножилыми льдами, термокарстовыми явлениями. Температура многолетнемерзлых пород в пойме значительно выше, чем в надпойме, что связано с тепляющим влиянием русла. Глубина сезонного протаивания почвы в пойме составляет 1–1,5 м [6].

Основной фазой в водном режиме р. Лены является весеннее половодье. Низкая пойма заливается ежегодно, средняя пойма – примерно через 1–2 года, а высокая – один раз в 5 и более лет.

I надпойменная терраса <i>Аллювиальные мерзлотные гумусово-перегнойные почвы</i>	Стадия кедровостланиково-ольховниковая бруснично-зеленомошная <i>(Pinus pumila, Alnus crispa subsp. fruticosa, Vaccinium vitis-idaea, Hylicomium splendens)</i>	Фаза лиственных лесов <i>(Larix cajanderi)</i>
Высокая пойма <i>Аллювиальные мерзлотные дерновые, дерновые перегнойные почвы</i>	Стадия кедровостланиково-ольховниковая бруснично-зеленомошная <i>(Pinus pumila, Alnus crispa subsp. fruticosa, Vaccinium vitis-idaea, Hylicomium splendens)</i>	Фаза еловых лесов <i>(Picea obovata)</i>
	Стадия смешаннокустарниковая грушанково-бруснично-зеленомошная <i>(Rosa acicularis, Ribes glabellum, Pyrola rotundifolia, Vaccinium vitis-idaea)</i>	Фаза березовых лесов <i>(Betula alba, B. alba x divaricata)</i>
Средняя пойма и заиленные депрессии низкой поймы	Стадия смешаннокустарниковая грушанковая <i>(Swida alba, Rosa acicularis, Ribes glabellum, Pyrola rotundifolia)</i>	Фаза ольховых лесов <i>(Alnus hirsuta)</i>
Низкая пойма <i>Аллювиальные мерзлотные примитивные слоистые почвы</i> <i>Песчано-илистый аллювий</i> <i>Песчаный аллювий</i>	Стадия смешаннокустарниковая <i>(Swida alba, Rosa acicularis, Ribes glabellum, Calamagrostis langsdorffii)</i>	Фаза аллювиофильных ив <i>S. udensis, Salix viminalis, Salix dasyclados</i>
	Стадия крупнотравно-злаковая <i>(Calamagrostis langsdorffii, Bromopsis inermis, Impatiens noli-tangere, Thalictrum simplex, (15(20)–30(35) лет)</i>	<i>S. udensis, Salix viminalis, S. triandra</i>
	Стадия полевохвощовая <i>(Equisetum arvense, 5–15(20) лет)</i> Стадия беспокровная (0–5 лет)	<i>Salix viminalis, S. udensis, S. triandra</i>

Схема сукцессий лесов в долине нижнего течения р. Лены

Результаты исследований и их обсуждение

Исследованный участок р. Лены изобилует многочисленными песчаными островами различных стадий генезиса, покрытыми растительностью той или иной степени сукцессионного развития. С точки зрения изучения разнообразия растительности и её динамики наиболее интересен о-в Аграфены, где выражены все типы ландшафта от низкой поймы до надпойменных террас. Близ острова, находящегося в 70 км южнее Северного полярного круга, проходит граница северотаёжных лиственничных лесов в сочетании с различными болотами и среднетаёжных лиственничных лесов с елью, березой в сочетании с лугами. Устье р. Ундулунг находится напротив о-ва Аграфены на правом берегу р. Лены у предгорий Верхоянского хребта. Здесь пойма малоразвита, низкая ступень резко переходит в надпойменную увалисто-лощинную террасу.

с господством *S. bebbiana* Sarg., *S. pyrolifolia* Ledeb., а также разнотравная стадия березняков с преобладанием ксеромезофильного разнотравья и злаков, типичные для сукцессий Средней Лены, выпадают. После аллювиофильных ив наступает ольховая фаза, не представленная в динамике лесов среднего течения р. Лены. Этот период был охарактеризован В.И. Перфильевой, И.Ф. Шурдук на примере о-ва Арбын [5]. Особо необходимо отметить, что в древостоях березовой фазы наряду с *Betula alba* L. участвует гибридный комплекс *Betula alba* × *B. divaricata* Ledeb.

Вертикальная структура сообществ на высокой пойме и надпойме сложнее средне-ленских за счет 3-подъярусного высокосомкнутого древостоя (0,8–0,9) и 2–3-подъярусного (сомкнутость до 0,7–0,8) подлеска. В ельниках, березняках в качестве нижнего третьего подъяруса древостоя произрастают более требовательные к увлажнению *Alnus hirsuta* (Spach.) Turcz. ex Rupr., *Sorbus sibirica* Hedl.. В подлеске ельников,

Индексы сходства Чекановского-Съеренсена между сукцессионными фазами в долинах Средней и Нижней Лены

Средняя Лена \ Нижняя Лена	Ивовая фаза	Березовая фаза	Еловая фаза	Лиственничная фаза
Ивовая фаза	0,52	–	–	–
Березовая фаза	–	0,34	–	–
Еловая фаза	–	–	0,22	–
Лиственничная фаза	–	–	–	0,34

Являясь интразональными образованиями, леса и кустарниковые сообщества островов и материковой долины в большой мере формируются под влиянием зонального климата и окружающей растительности. Нахождение на границе двух подзон и на стыке равнинного и горного биомов определяют своеобразие состава, структуры и динамики изученных фитоценозов. Принципиальная схема сукцессионных серий лесной растительности изученного участка долины Нижней Лены в направлении от низкой поймы к надпойменной террасе состоит из 5 фаз и 8 основных стадий (рисунок).

Фаза аллювиофильных ивняков (*S. viminalis* L., *S. udensis* Trautv. et C.A. Mey., *S. triandra* L., *S. dasyclados* Wimm.) на низкой пойме протекает в целом аналогично сериям в долине Средней Лены [10], но состав флоры напочвенного покрова значительно беднее – всего 13 видов. На высокой пойме количество сукцессионных стадий меньше – фаза смешанных аллювиофобных ив

лиственничников отмечается господство *Alnus crispa* (Aiton) Pursh subsp. *fruticosa* (Rupr.) Banaev, чье доминирование больше типично для ценозов северной тайги, гор и тундр. В кустарниковом ярусе высокопойменных смешанных лесов также принимает участие петрофильный *Pinus pumila* (Pall.) Regel., для которого заливаемые равнинные леса не являются обычным местом произрастания.

По сравнению с пойменными ландшафтами 3 великих долин (Энсэли, Туймады, Эркэни) среднего течения р. Лены, находящихся в подзоне средней тайги, в исследованных сообществах заметна бедность состава травянистых растений, в то же время отмечается увеличение флоры древесно-кустарниковых видов. Коэффициенты Съеренсена-Чекановского демонстрируют низкие уровни флористического сходства между сериальными сообществами долин Средней и Нижней Лены (таблица). Наибольшая флористическая близость наблю-

дается у сообществ низкой поймы – 0,52, за счет более аллювиофильных прирусловых гигро- и мезогигрофильных видов, обычных практически для всех равнинных пойм. Наименьшее значение индекса обнаружено для ельников из *Picea obovata* (0,22) – из 134 видов оказалось всего 16 общих, 98 среднеленских видов здесь отсутствуют. Довольно низкие сходства также у березняков и лиственничников из *Larix cajanderi* Mayr (0,34). Многие ксеромезофильные, мезофильные разнотравные виды, более требовательные к теплу, плодородию почв и довольно постоянные в сообществах долины Средней Лены, в изученных лесах не встречаются, что определило в целом невысокий уровень флористического сходства.

Отсутствие некоторых фаз, стадий и бедность флоры связано с низкой теплообеспеченностью, большей гумидностью, меньшей плодородностью почв района по сравнению с долиной Средней Лены. Сумма среднесуточных температур выше +10 °C здесь составляет 1100–1200 °C, а в среднем течении р. Лены – 1700 °C. Условия увлажнения в изученном районе лучше за счет невысокого испарения (показатель сухости ниже – 0,5–0,7), в то время, как на Средней Лене в середине вегетационного сезона испарение превышает количество осадков почти в 4 раза (сухость – более 0,9) [1], и растения высокой поймы, надпойменных террас испытывают острую нехватку влаги. Почвы высокой поймы изученной части Нижней Лены отличаются от среднеленских меньшей продуктивностью, оторфованностью, оглеенностью, низкими температурами [9], что неблагоприятно для эутрофных разнотравных видов. Кроме того, для древесно-кустарниковых видов высокой поймы большое значение имеет тот факт, что в нижнем течении р. Лены прохождение половодий скоротечное и катастрофические поднятия уровня с длительным стоянием воды происходят значительно реже, чем в расширенной пойме Средней Лены, где подобные явления случаются чаще и заметно ухудшают состояние пойменных лесов. В связи с этим древесная флора высокой поймы изученного района обогащена за счет менее устойчивых к затоплению видов, таких, как *Larix cajanderi*, *Pinus pumila*, *Sorbus sibirica*, *Alnus hirsuta*, *Alnus crispa* subsp. *fruticosa* и др. Немаловажную роль играет отсутствие в долине Нижней Лены антропогенного влияния – в отличие от Средней Лены пасквальные, рудеральные виды здесь фактически не встречаются, чем также об-

условлено низкое флористическое сходство сообществ обеих долин.

В травяно-кустарничковом покрове ельников, лиственничников принимают участие сциофильная свита темнохвойной тайги и кальцефилы (*Trientalis europaea* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Moneses uniflora* (L.) A. Gray, *Cypripedium guttatum* Sw.), крайне редкие или практически не представленные в первичных сукцессиях лесов Средней Лены. В то же время в лиственничниках отмечается наличие оксилофитов, таких как *Smilacina trifolia* (L.) Desf., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, что указывает на кислые почвы. Это свидетельствует о приграничном характере почвенного покрова в исследованном районе – о переходе от среднетаёжных почв к северотаёжным кислым типам. Мохово-лишайниковый покров на последних фазах и стадиях сильно развит (степень проективного покрытия – 90–95%), в нем чаще доминирует *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. var. *splendens*, активен *Polytrichum juniperinum* Hedw.

На изученном участке *Picea obovata* произрастает близ своей северо-восточной границы, и здесь её сукцессионные взаимоотношения с *Larix cajanderi* отличаются острой конкурентной борьбой. Полевые материалы свидетельствуют о том, что в настоящее время происходит усиление роли ели в динамике лесов острова. Как свидетельствуют состав, возраст и состояние древостоя, ранее здесь господствовала лиственница, но на текущий момент она сдает свои позиции и уступает ели. Возобновление лиственницы неудовлетворительное (1,0 тыс./га) и неблагонадежное, что объясняется во многом напряженной световой конкуренцией с высокосомкнутыми древостоем и подлеском, а также отсутствием здесь длительного времени лесных пожаров, ослабляющих этот вид конкуренции. Состояние подроста ели удовлетворительное, хоть он не столь многочислен (10 тыс. шт./га).

Необходимо особо отметить, что в сукцессиях лесной растительности изученного участка долины Нижней Лены принимают участие своеобразные елово-лиственничные, лиственнично-еловые леса с развитым подлеском из *Pinus pumila*. Они произрастают в довольно узком высокопойменном поясе между низкой поймой и надпойменной террасой и нередко затопляются в весеннее половодье. Кедровый стланник – горный вид, для которого наиболее типичными местопрорастаниями являются подгольцовые

пояса гор, каменистые склоны. Известно также, что он встречается на песчаных тукуланах (северных пустынях) низовий р. Вилюй и вокруг озер на торфяных болотах с близким залеганием мерзлоты. Сведения о его произрастании в пойменных заливаемых лесах Якутии в качестве содоминанта подлеска в литературе отсутствуют. *Pinus pumila* находится здесь в условиях нехватки светового обеспечения, поёмного режима с регулярными затоплениями, в связи с этим семеношение относительно слабое, наблюдается снижение количества женских шишек при достаточном числе мужских стробил. Возобновление в целом неудовлетворительное (1–2 тыс. шт./га), подрост чаще угнетен. В листовеннично-еловых, елово-лиственничных заливаемых лесах на высокой пойме состояние особей лучше (3–4 балла по А.А. Алёхину), сомкнутость полога до 0,5, ветви до 5–6 м высоты при диаметре 5–6 см. Исследования показали, что как относительно теневыносливый мезопсихрофит кедровый стланик может вполне успешно произрастать в подлеске высокосомкнутых пойменных лесов в условиях скорого спада половодий, влажного приречного воздуха, а также бугристо-трещиноватого криогенного микрорельефа и подстилающего песчаного аллювия, обеспечивающих пассаж воды и дыхание придаточных корней.

Закключение

Таким образом, уникальное местоположение на границе двух подзон на стыке равнинного и горного биомов обуславливает особый характер лесообразовательных сукцессий в долине изученного участка Нижней Лены. Инициальные низкопойменные стадии из аллювиофильных ив (*Salix viminalis*, *S. udensis*, *S. triandra*, *S. dasyclados*) протекают в целом аналогично сукцессиям Средней Лены, средние (*Alnus hirsuta*, *Betula alba*, *B. alba*×*B. divaricata*, *Picea obovata*) и завершающая (*Larix cajanderi*) фазы отличаются экоценоморфной пестротой, обусловленной смешением среднетаёжной флоры с горнотундровыми мезопсихрофитными элементами. Впервые описаны аллювиогенные сукцессии лесов в нижнем течении р. Лены с активным участием *Alnus hirsuta*, *Pinus pumila*, *Alnus crispa* subsp. *fruticosa*. Индекс Сьеренсена-Чекановского демон-

стрирует низкое сходство изученных сериальных сообществ с аналогичными ценозами долины Средней Лены, что во многом связано с меньшей теплообеспеченностью, большей гумидностью и сравнительно низкой продуктивностью почв исследованного района, а также низким уровнем антропогенного воздействия. Несмотря на общую бедность флоры, изученные сообщества отличаются обогащенным набором древесно-кустарниковых видов, а также усложненной вертикальной структурой – древостои и подлесок чаще высокосомкнуты, многоярусны. Высокая полнота верхних ярусов и переходный характер почв обуславливают участие в травяно-кустарничковом покрове лесов сциофильных, кальцефильных, а также оксифильных видов растений.

Исследования выполнены в рамках проектов НИР ИБПК СО РАН «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и центральной Якутии» (рег. номер АААА-А17-117020110056-0), «Разнообразие растительного и животного мира тундры и притундровых лесов, мониторинг редких и охраняемых видов растений и животных северо-востока Якутии» (Комплексная программа Сибирского отделения РАН II.2.).

Список литературы

1. Захарова В.И. Разнообразие сосудистых растений Центральной Якутии. – Новосибирск: Наука, 2014. – 180 с.
2. Конспект флоры Якутии: сосудистые растения / сост. Л.В. Кузнецова, В.И. Захарова. – Новосибирск: Наука, 2012. – 272.
3. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривошук И.Д. Биоразнообразие и методы его оценки: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 95 с.
4. Маслов А.А. Флуктуации и сукцессии в лесных сообществах на фоне изменения климата // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 1(5). – С. 1316–1319.
5. Перфильева В.И., Шурдук И.Ф. Растительность островов Усть-Виллоиского заказника // Флора и растительность Якутии. – М., 1999. – С. 78–82.
6. Республика Саха (Якутия): комплексный атлас. – Якутск: ФГУП Якутское аэрогеодезическое предприятие, 2009. – 240 с.
7. Смирнова О.В., Торопова Н.А. Сукцессии и климакс как экосистемный процесс // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128, № 2. – С. 129–144.
8. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
9. Chevychelov A.P., Bosikov N.P. Natural conditions // The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia. Springer Science + Business Media B.V. – 2010. – P. 1–25.
10. Efimova A.P., Shurduk I.F., Kuznetsova L.V., Isaev A.P. River valley complexes // The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia. Springer Science + Business Media B.V. – 2010. – P. 225–238.

УДК 581.14:631.87/.8.022.3

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА КАПУСТНЫХ (BRASSICACEAE BURNETT) ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНЫХ ШТАММОВ

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

Проведен анализ данных многолетних исследований, выполненных на агробиостанции Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена (пос. Вырица Гатчинского района Ленинградской области) по выявлению эффективных штаммов ассоциативных ризобактерий для хозяйственно ценных растений, относящихся к различным растениям семейства Brassicaceae: горчица белая (*Sinapis alba* L.) – сорт Чергинская (к-4219), горчица сарептская (*Brassica juncea* (L.) Czern.) – сорт Донская-5 (к-4345), горчица черная (*Brassica nigra* (L.) Koch) – сорт Tubra (к-2643), горчица абиссинская (*Brassica carinata* A. Braun) – сорт BRA 1152/85 (к-4705), сурепица яровая (*Brassica campestris* L.) – сорт Восточная (к-274) и рыжик посевной (*Camelina sativa* L.) – сорт Воронежский (к-4140). Опыты проведены в полевых условиях в период 2004–2016 гг. на дерново-подзолистой, супесчаной почве. Во всех вариантах опыта, относительно контроля (без инокуляции), наблюдалось увеличение образования и развития пазушных побегов при инокуляции семян бактериальными препаратами на основе ассоциативных штаммов. Полученные экспериментальные данные показали высокий потенциал продуктивности растений семейства Brassicaceae за счет усиления заложения и развития пазушных побегов при действии на семена ризобактерий. В проведенных опытах для оценки продуктивности растений был использован интегральный показатель – формирование сухой биомассы надземных органов. Осуществлена оценка экономической эффективности применения биопрепаратов. Показано, что применение наиболее эффективных для каждой выращиваемой культуры ассоциативных штаммов ризобактерий в наибольшей степени стимулирует физиологические процессы, увеличивает биомассу как надземных, так и подземных органов, а также урожай семян, улучшает качество растительной продукции и снижает содержание нитратов в зеленой массе. Наилучшие результаты получены при использовании бактериальных препаратов: мизорина (*Arthrobacter myosorens*, штамм 7) и флавобактерина (*Flavobacterium* sp., штамм Л 30).

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

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PLANTS OF THE BRASSICACEAE FAMILY BY INOCULATION OF SEEDS WITH BACTERIAL PREPARATIONS ON THE BASIS OF ASSOCIATIVE STRAINS

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

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

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

As there is an extra necessity of biologization of agroculture and environmental protection from harmful antropogan influences, more attention in solving of these problems is devoted to microorganisms. Long-term study was conducted on Agrobiostation, Herzen State Pedagogical University of Russia (settl. Vyritza, Gatchinskiy area, Leningrad's region) to identify effective strains of associative rhizobacteria of various plants of the Brassicaceae family: *Sinapis alba* L., *Brassica juncea* (L.) Czern., *Brassica nigra* (L.) Koch, *Brassica carinata* A. Braun, *Brassica campestris* L. and *Camelina sativa* L. The experiments were conducted in field conditions during the period 2004–2016 yy. on sod-podzolic, sandy loam soil. In all variants, relative to the control (without inoculation), an increase in the education and development of axillary shoots at inoculation of seeds with bacterial preparations on the basis of associative strains. The obtained experimental data showed the high potential productivity of plants of the family Brassicaceae by strengthening the foundations and development of axillary shoots under the influence of rhizobacteria seed. In the conducted experiments to evaluate the productivity of the plant has been used integral index – the formation of dry biomass of the aboveground organs. Assessment of economic efficiency of application of biological products. It is shown that the most effective use for each grown culture of associative rhizobacteria strains to the greatest extent stimulates physiological processes, increases the biomass of the above-ground organs, improves the quality of plant products and reduces the nitrate content in herbage. The best results are obtained when using bacterial preparations: *Arthrobacter myosorens*, strain 7 and *Flavobacterium* sp., strain L 30. Our research of influence of the bacterial preparations at the plants of the family Brassicaceae, allows speaking that by means of associative rhizobacteriums it is possible to improve maintenance of plants with biological nitrogen, to stimulate their growth, to protect from pests and to raise efficiency of crops, essentially having lowered chemical loading on an environment.

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

В современном научном мире в связи с важностью повышения продуктивности кормовых однолетних растений значительное внимание уделяется применению бактериальных препаратов, на основе ассоциативных азотфиксирующих штаммов

ризобактерий. Использование их, согласно некоторым исследованиям [1–5; 8, 10, 12], позволяет стимулировать ростовые процессы, улучшить минеральное питание растений, особенно азотом, защитить их от патогенов, снизить химическую нагрузку на окружающую среду и уменьшить действие стрессовых условий, особенно засухи. Автоматический же перенос положительных результатов их применения с одних видов и даже сортов растений на другие мало приемлем, нередко опровергается практически и иногда несправедливо ставит под сомнение данный агроприем. С этой целью для установления эффективного ризобактериального взаимодействия с растением необходим тщательный подбор сорта и штамма, который позволяет максимально реализовать продуктивный потенциал однолетних растений семейства капустные (*Brassicaceae* Burnett).

Цель нашей работы состояла в исследовании эффективности инокуляции семян некоторых однолетних масличных капустных культур бактериальными штаммами на ростовые процессы, минеральное питание и продуктивность в условиях полевых опытов.

Материалы и методы исследования

В работе использовались 6 видов капустных растений 2015 года репродукции: горчица белая (*Sinapis alba* L.) – сорт Чергинская (к-4219), горчицы сарептская (*Brassica juncea* (L.) Czern.) – сорт Донская-5 (к-4345), горчица черная (*Brassica nigra* (L.) Koch) – сорт Tundra (к-2643), горчица абиссинская (*Brassica carinata* A. Braun) – сорт BRA 1152/85 (к-4705), сурепица яровая (*Brassica campestris* L.) – сорт Восточная (к-274) и рыжик посевной (*Camelina sativa* L.) – сорт Воронежский (к-4140).

Инокуляция семян выбранных капустных растений проводилась следующими препаратами: агрофил (*Agrobacterium radiobacter*, штамм 10), мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), флавобактерин (*Flavobacterium* sp. штамм 30) и экстра-сол (*Pseudomonas fluorescens*, штамм ПГ-5). Данные бактериальные препараты были получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, а семена сортов капустных растений из ФБГНУ ВИР им. Н.И. Вавилова.

Опыты проведены в полевых условиях на Агробиостанции РГПУ им. А.И. Герцена в пос. Вырица в период 2004–2016 гг. на дерново-подзолистой, супесчаной почве, характеризующейся средней обеспеченностью гумусом, слабокислой реакцией среды и средним содержанием фосфора и калия. Ранее в отношении эффективности инокуляции семян капустных ассоциативными бактериальными штаммами наиболее подробно были изучены горчица белая и редька масличная [8–9; 10].

Экономический эффект от инокуляции семян бактериальными препаратами растений семейства ка-

пустных определялся как снижение расходов по отношению к контролю. Подходы оценивания экономического эффекта были нами рассмотрены в статье [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Всхожесть семян является одной из важнейших физиологических характеристик растений, во многом определяющим их дальнейшее развитие и формирование урожая. Поэтому в наших исследованиях этот показатель служил своеобразным тестом, позволяющим прогнозировать дальнейшее действие того или иного ассоциативного штамма (табл. 1).

Высота растений – является существенным элементом ростовых процессов. В наших исследованиях при инокуляции семян ризобактериями у всех 7 видов растений наблюдалось увеличение высоты, но наиболее эффективно оно проявилось в вариантах с применением флаво- и артробактерий – до 114,6–135,4% (табл. 2).

Изменение длины междоузлий и числа узлов является известной причиной формирования высоты растения. В этой связи нами в период массового цветения определялась длина междоузлий. Было установлено, что рост междоузлий увеличивает линейные показатели растений при инокуляции семян сурепицы яровой мизорином на 24,7% (или до 6,4 см) и флавобактерином на 20,8% (или до 6,2 см), относительно контроля – 5,1 см. Также увеличение средних размеров междоузлий наблюдается у горчицы абиссинской на 21,6% (или до 10,3 см) по сравнению с контролем – 8,5 см. В других вариантах нашего опыта были получены аналогичные данные. Таким образом, наибольшая длина междоузлий была нами отмечена именно у тех видов культур, где ранее наблюдалась максимальная высота главного стебля – у сурепицы яровой и горчицы белой [1].

Плотность продуктивного стеблестоя и формирование продуктивности напрямую зависят от такого важного фактора как интенсивность ветвления растений, который предотвращается изреживание посевов, за счет большой облиственности побегов. Некоторые исследовательские работы [12] указывают, что некоторые однолетние полевые капустные растения в полевых опытах формируют от 4 до 7 боковых ветвей, на которых образуются листовая масса и генеративные органы. При этом авторами указывается, что данный факт проявляется в пределах нормы

реакции модификационной изменчивости и связан с оптимизацией минерального питания в результате целой серии агротехнических мероприятий. В этой связи практический интерес представляет наблюдение за процессом формирования боковых побегов из пазушных почек в ходе онтогенеза исследованных культур при инокуляции ризобактериальными штаммами.

В каждом варианте опыта наблюдалось увеличение образования и развития боковых побегов при обработке семян ассоциативными диазотрофами, относительно контроля (без инокуляции). Самая высокая

интенсивность пазушного побегообразования отмечена при действии на семена мизорином (на 30,0%) и флавобактерином (до 26,7%) у горчицы белой.

Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале продуктивности однолетних капустных культур за счет формирования и развития боковых побегов при инокуляции семян ассоциативными ризобактериальными штаммами. Это обстоятельство также свидетельствует об увеличении возобновления и способности образовывать отаву после летнего скашивания [6].

Таблица 1

Полевая всхожесть исследуемых растений семейства капустных при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями

Варианты	Горчица белая, % Δ^*	Горчица сарептская, % Δ	Горчица черная, % Δ	Горчица абиссинская, % Δ	Сурепица яровая, % Δ	Рыжик посевной, % Δ
1. Контроль	<u>62,8</u> —	<u>62,9</u> —	<u>62,6</u> —	<u>69,5</u> —	<u>71,5</u> —	<u>71,0</u> —
2. Агрофил	<u>70,7</u> +12,6	<u>67,6</u> +7,5	<u>68,6</u> +9,6	<u>79,5</u> +14,4	<u>87,5</u> +22,4	<u>85,5</u> +20,1
3. Мизорин	<u>75,9</u> +20,9	<u>74,6</u> +18,6	<u>74,3</u> +18,7	<u>78,0</u> +12,2	<u>87,5</u> +22,4	<u>87,0</u> +22,5
4. Флавобактерин	<u>74,9</u> +19,3	<u>71,2</u> +13,2	<u>69,7</u> +11,3	<u>87,5</u> +25,9	<u>93,0</u> +30,1	<u>92,0</u> +24,6
5. Экстрасол	<u>67,6</u> +7,6	<u>68,1</u> +8,3	<u>68,7</u> +13,4	<u>72,5</u> +4,3	<u>80,0</u> +11,9	<u>77,5</u> +9,2
НСР ₀₅	<u>4,4</u> —	<u>3,7</u> —	<u>3,4</u> —	<u>2,0</u> —	<u>1,2</u> —	<u>1,1</u> —

* П р и м е ч а н и е: Δ — % отклонения от контроля.

Таблица 2

Влияние различных штаммов ассоциативных бактерий на высоту исследуемых растений семейства капустных

Варианты	Горчица белая, см %	Горчица сарептская, см %	Горчица черная, см %	Горчица абиссинская, см %	Сурепица яровая, см %	Рыжик посевной, см %
1. Контроль	<u>98,1 ± 15,6</u> 100,0	<u>85,2 ± 11,2</u> 100,0	<u>61,1 ± 8,9</u> 100,0	<u>96,0 ± 14,1</u> 100,0	<u>71,0 ± 18,3</u> 100,0	<u>69,5 ± 13,0</u> 100,0
2. Агрофил	<u>107,8 ± 17,2</u> 109,9	<u>91,5 ± 13,0</u> 107,4	<u>71,9 ± 14,5</u> 117,7	<u>107,4 ± 19,8</u> 111,9	<u>74,5 ± 20,3</u> 104,9	<u>77,5 ± 16,5</u> 111,5
3. Мизорин	<u>112,9 ± 16,6</u> 115,1	<u>98,0 ± 14,8</u> 115,0	<u>74,5 ± 18,0</u> 121,9	<u>105,2 ± 10,7</u> 109,5	<u>95,5 ± 15,0</u> 134,5	<u>81,9 ± 16,9</u> 117,8
4. Флавобактерин	<u>112,5 ± 18,6</u> 114,6	<u>95,2 ± 9,0</u> 111,7	<u>76,1 ± 8,4</u> 124,5	<u>104,2 ± 12,3</u> 108,5	<u>96,1 ± 13,5</u> 135,4	<u>80,9 ± 16,0</u> 116,4
5. Экстрасол	<u>105,9 ± 17,1</u> 107,9	<u>93,5 ± 16,9</u> 109,7	<u>71,9 ± 12,5</u> 117,7	<u>100,4 ± 11,8</u> 104,5	<u>75,9 ± 18,0</u> 106,9	<u>76,7 ± 14,6</u> 110,4
НСР ₀₅	<u>4,8</u> —	<u>4,5</u> —	<u>8,3</u> —	<u>4,8</u> —	<u>8,3</u> —	<u>3,8</u> —

Таблица 3

Продуктивность сухой массы растений семейства капустных при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями

Варианты	Горчица белая, ц/га %	Горчица сарептская, ц/га %	Горчица черная, ц/га %	Горчица абиссинская, ц/га %	Сурепица яровая, ц/га %	Рыжик посевной, ц/га %
1. Контроль	$120,4 \pm 3,8$ (100,0)	$100,7 \pm 10,7$ (100,0)	$81,8 \pm 1,4$ (100,0)	$107,0 \pm 4,3$ (100,0)	$125,7 \pm 1,3$ (100,0)	$49,0 \pm 3,0$ (100,0)
2. Агрофил	$158,2 \pm 2,3$ (131,4)	$142,4 \pm 6,1$ (141,5)	$91,2 \pm 3,0$ (111,5)	$122,7 \pm 6,8$ (114,6)	$143,7 \pm 3,7$ (114,3)	$63,8 \pm 3,3$ (130,2)
3. Мизорин	$170,4 \pm 13,4$ (141,5)	$167,1 \pm 10,3$ (166,0)	$104,0 \pm 3,0$ (127,1)	$152,3 \pm 6,1$ (142,4)	$183,3 \pm 15,0$ (145,9)	$68,3 \pm 3,8$ (139,4)
4. Флавобактерин	$169,3 \pm 3,8$ (140,6)	$158,7 \pm 12,4$ (157,6)	$94,2 \pm 13,8$ (115,2)	$152,0 \pm 16,2$ (142,1)	$164,7 \pm 1,0$ (131,0)	$68,6 \pm 3,7$ (140,0)
5. Экстрасол	$155,6 \pm 1,1$ (129,1)	$132,7 \pm 5,2$ (131,8)	$92,7 \pm 1,7$ (113,3)	$122,3 \pm 12,1$ (114,3)	$140,0 \pm 1,1$ (111,4)	$66,9 \pm 2,1$ (136,5)
HCP ₀₅	$10,1$ —	$11,4$ —	$9,4$ —	$12,1$ —	$10,8$ —	$3,9$ —

Таблица 4

Затраты на производство сухой массы капустных культур при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями (в расчете на один гектар)

Варианты	Горчица белая, тыс. руб. %	Горчица сарептская, тыс. руб. %	Горчица черная, тыс. руб. %	Горчица абиссинская, тыс. руб. %	Сурепица яровая, тыс. руб. %	Рыжик посевной, тыс. руб. %
1. Контроль	$5,87$ 100,0	$6,72$ 100,0	$26,99$ 100,0	$8,25$ 100,0	$3,16$ 100,0	$5,11$ 100,0
2. Агрофил	$7,02$ 119,6	$7,47$ 111,2	$38,04$ 140,9	$11,31$ 137,1	$4,34$ 107,9	$6,16$ 120,5
3. Мизорин	$5,80$ 98,8	$6,37$ 94,8	$33,36$ 123,6	$8,22$ 99,6	$3,12$ 98,7	$5,10$ 99,8
4. Флавобактерин	$5,78$ 98,5	$6,15$ 91,5	$32,47$ 120,3	$8,24$ 99,9	$3,00$ 94,9	$5,05$ 98,8
5. Экстрасол	$7,13$ 121,5	$8,02$ 119,3	$37,43$ 138,6	$11,35$ 137,6	$4,46$ 141,1	$5,88$ 115,1

Для полноценного изучения влияния бактериальных препаратов на продуктивность растений семейства *Brassicaceae* важен контроль над содержанием основных питательных элементов – азота, фосфора и калия в надземных органах. Это необходимо не только для интерпретации изменений в жизнедеятельности растительного организма, но и для качественной оценки продуктивности.

В результате было установлено, что в надземных органах у растений, семена которых были инокулированы ризобактериями, происходит повышение содержания основных минеральных элементов: азота – до 2,66% (на 16,9%, относительно контроля), фосфора – до 1,6% (на 14,3%, относительно контроля) и калия – до 3,7% (на 23,3%, относительно контроля).

Причиной таких результатов служат генетические особенности бактериальных штаммов, входящих в данные препараты, что приводит к значительному повышению содержания азота в ризосфере, что обуславливает улучшение использования почвенного азота. Главным образом это касается препаратов мизорин и флавобактерин.

Анализ полученных результатов установил, что процесс накопления минеральных элементов в надземной биомассе растений наиболее эффективно происходит при использовании мизорина и флавобактерина. Бактериальные препараты на основе ассоциативных ризобактерий способны положительным образом влиять на качество урожая зеленой массы. При этом они стимулируют повышение концентрации азота,

фосфора и калия, в надземных органах растительного организма.

В качестве оценки продуктивности одностолетних капустных культур мы использовали такой интегральный показатель, как формирование сухой биомассы надземных частей растений.

Количество урожая представляет собой суммарное отношение условий роста и развития растения. У культур, подвергнутых предпосевной инокуляции семян ризобактериальными штаммами, количественная и качественная характеристика урожая является отражением эффективности взаимодействия системы «растение-ризобактерия». Отметим, что предел продуктивности растений семейства капустные очень широк. По имеющимся данным [7], растения этого семейства в условиях Ленинградской области способны сформировать за один вегетационный период (в фазу массового цветения) до 400 ц/га зеленой массы.

Стимулирование накопления биомассы растений семейства *Brassicaceae* в наших опытах происходило под действием всех отобранных для исследования штаммов бактерий (табл. 3). В среднем наибольшая продуктивность биомассы культур проявлялась в вариантах с применением мизорина и флавобактерина. Значительная прибавка сухой массы в данных вариантах наших опытов отмечена у мизорина (от 68,3 ц/га до 183,3 ц/га) и флавобактерина (от 68,6 ц/га до 169,3 ц/га).

Следует отметить, что в разные годы исследований эффективность одного и того же штамма варьировалась [7]. Однако на протяжении всех лет, во всех посевах и со всеми капустными культурами положительная тенденция их влияния на формирование урожая зеленой массы постоянно сохранялась.

Анализ отзывчивости одностолетних полевых капустных культур на бактериальные препараты в условиях полевых опытов показывает, что наиболее активное накопление сухой биомассы отмечалось нами у горчицы сарептской – на 66,0% при обработке семян артробактериями и 57,6% – флавобактериями.

Оценка экономического эффекта от инокуляции семян капустных культур ассоциативными ризобактериями была осуществлена по затратам в расчете на 1 гектар по сухой массе, база сравнения контроль (табл. 4).

Проведенная оценка затрат на производство сухой массы капустных культур с 1 гектара показывает, что в основном снижение затрат наблюдается при инокуляции семян мизорином и флавобактерином; ис-

ключение оставляет горчица черная. Наибольшее снижение затрат наблюдается по горчице сарептской 8,5% (при инокуляции флавобактерином) и 5,2% (мизорином).

Выводы

Обработка семян одностолетних капустных культур препаратами ассоциативных бактерий стимулирует ростовые процессы и поступление основных минеральных элементов (азота, фосфора и калия) в надземные органы растений, увеличивая массу сухого вещества. К штаммам, которые проявили наибольший эффект на всех видах растений семейства капустные, в первую очередь, можно отнести *Arthrobacter myso-rens*, штамм 7 и *Flavobacterium sp.*, штамм 30 в виде изготовленных на их основе биопрепаратов: мизорин и флавобактерин.

Список литературы

1. Аубекеров Т.А. Горчица / Т.А. Аубекеров, М.К. Мейрманов М.К. – Алма-Ата: Кайнар, 1980. – 96 с.
2. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / Н.А. Тихонович [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – С. 154.
3. Воробейков Г.А. Биология критического периода растений в условиях нарушения влажности почвы / Г.А. Воробейков [и др.] // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. – 2015. – № 173. – С. 49–53.
4. Воробейков Г.А. Продуктивность горчицы белой при инокуляции семян ассоциативными бактериальными штаммами / Г.А. Воробейков, В.Н. Лебедев // Кормопроизводство. – 2007. – № 1. – С. 24–26.
5. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – М.: ВНИИА, 2005. – 302 с.
6. Коломейченко В.В. Кормопроизводство: учебник для подготовки бакалавров по направлениям «Агрохимия и агропочвоведение» и «Агрономия» / В.В. Коломейченко. – СПб.: Лань, 2015. – 656 с.
7. Лебедев В.Н. Ассоциативные штаммы бактерий как современный элемент экологизации выращивания капустных растений / В.Н. Лебедев // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. – 2014. – № 168. – С. 49–53.
8. Лебедев В.Н. Минеральное питание, рост и продуктивность горчицы белой (*Sinapis alba* L.) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями: Автореф. дис.канд. с.-х. наук (06.01.04, 03.00.07). – Санкт-Петербург – Пушкин, 2008. – 18 с.
9. Лебедев В.Н. Реализация продуктивного потенциала растений семейства *Brassicaceae* при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями. Глава 3 // Наука сегодня: теория, практика, инновации: многотомная коллективная монография. В 9 томах. Том 6. – Ростов-на-Дону: Изд-во Международного исследовательского центра «Научное сотрудничество», 2014. – С. 56–77.
10. 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.
11. Ураев Г.А. Оценка экономического эффекта // Приоритетные научные направления: от теории к практике: материалы Международной научно-практической конференции (Нефтекамск, 16 мая 2015 г.). – Нефтекамск, 2015. – С. 181–183.
12. Юргина В.С. Морфофизиологические особенности и продуктивность редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzger) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями в условиях нормального увлажнения и почвенной засухи: Автореф. дис.канд. биол. наук (03.01.05). – Санкт-Петербург, 2011. – 18 с.

УДК 631.527:635.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИБРИДНОГО ПОТОМСТВА В РЕЦИПРОКНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Мефодьев Г.А., Самаркин А.А.

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»,
Чебоксары, e-mail: mega19630703@mail.ru

Определение материнского эффекта является актуальным при подборе сортов для скрещивания для любой культуры. Поэтому направление скрещивания может иметь большое значение в селекционном процессе у картофеля. Целью наших исследований была оценка селекционной ценности сортов цветного картофеля диетического направления в двулетней культуре и определение реципрокного эффекта у комбинаций скрещивания с этими сортами. Для осуществления этой цели нам необходимо было изучить характер проявления структурных элементов урожая клубней в гибридных комбинациях и у родительских форм; определить наличие реципрокного эффекта в гибридных комбинациях; определить наличие гетерозиса в гибридных комбинациях; изучить урожайность клубней гибридных комбинаций и родительских форм. Проведена сравнительная селекционная оценка сортов диетического направления Фиолетовый и Бержерак в реципрокных скрещиваниях. При использовании сорта Фиолетовый в качестве матери продуктивность растений первой клубневой репродукции была выше, чем при использовании в качестве матери сорта Бержерак. Кроме того, при прямом скрещивании количество клубней оказалось больше, чем при обратном скрещивании. По средней массе клубней выявлена обратная картина. Материнский эффект более всего выражен по количеству клубней, по массе клубней с куста – наименьший. Сорт Фиолетовый по продуктивности является селекционно более ценным, чем сорт Бержерак. По всем элементам структуры урожая изменчивость в первом поколении гораздо выше, чем у родительских форм. Направление скрещивания при использовании данных родительских форм не оказало существенного влияния на изменчивость изученных количественных признаков.

Ключевые слова: картофель, сорта диетического направления, селекционный процесс; реципрокные скрещивания

COMPARATIVE ANALYSIS HYBRID PROGENY FROM RECIPROCAL CROSSES POTATO VARIETIES DIETARY DIRECTIONS

Mefodyev G.A., Samarkin A.A.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Chuvash State Agricultural Academy», Cheboksary, e-mail: mega19630703@mail.ru*

Determination of maternal effect is urgent when matching variety for crossing for any culture. The aim of our study was to assess the breeding value of varieties of colored potatoes dietary trends in biennial culture and the definition of the reciprocal effect of crossing combinations from these varieties. For this purpose, we needed to examine the nature of the manifestation of the structural elements of the crop of tubers in hybrid combinations and the parental forms; to Determine the presence of reciprocal effect and heterosis in hybrid combinations; to Study the tuber yield of the hybrid combinations and parental forms. Comparative selection assessment of variety of the dietary Fioletovyi and Bergerac direction in the reciprocal –crossings is carried out. When using a grade Fioletovyi as mother productivity of plants of the first tuberous reproduction was higher, than when using as mother a grade Bergerac. Besides, in case of direct crossing the quantity of tubers appeared more, than in case of the return crossing. On the average mass of tubers the revealed return picture. The maternal effect is most of all expressed by quantity of tubers, on the mass of tubers from a bush – the smallest. The variety Fioletovyi on productivity in the selection process more valuable, than a variety Bergerac. On all elements of structure of a harvest variability in the first generation is much higher, than at parent forms. The direction of crossing had no significant effect on variability of the studied quantitative signs.

Keywords: potatoes, varieties of the dietary direction, breeding process; reciprocal crossings

В последние годы во многих странах наблюдается ускоренное внедрение наукоемких инновационных технологий в селекционный процесс сельскохозяйственных культур, системы семеноводства, создание современных пестицидов для защиты растений. Эта тенденция характерна и для такой отрасли, как картофелеводство, так как картофель является одной из главных сельскохозяйственных культур в России и выращивается на всей территории нашей страны. Обеспечение уровня жизни росси-

ян, а также повышение продовольственной безопасности требуют быстрого развития и использования современных технологий в производство картофеля.

Селекционный процесс картофеля – это процедура создания таких сортов, которые могли бы в полной мере отвечать требованиям потребителя. Сорта картофеля различны и обладают разными потребительскими свойствами. Непосредственно к селекции приступать можно лишь учитывая, какие свойства картофеля ценятся больше всего

потребителем, и создавать сорта, наиболее полно удовлетворяющие запросам покупателей. Попытка сочетать несколько новых свойств сорта за короткий срок часто не приводит к успеху. Особенно это относится к случаям, когда свойства заимствуются у дикорастущих растений [1, 3, 11].

Одним из путей решения этих задач является создание сортов-популяций, пригодных для генеративного размножения [5, 7]. Генеративное размножение через настоящие семена у картофеля позволяет получать более дешевый посадочный материал, чем меристемная культура. Гибридное потомство чаще всего обладает гетерозиготностью, что позволяет сочетать необходимый набор свойств в сорте. Кроме того, у таких сортов-популяций может проявиться гибридная мощь, то есть гетерозис.

Следует отметить, что использование генеративного потомства, выращенного из настоящих семян, как товарной продукции в условиях Чувашской Республики остается экономически невыгодным. Более перспективным является внедрение двухлетней культуры. В этом случае для производства товарной продукции используется севок, полученный из сеянцев. Севок картофеля по посевным качествам не уступает суперэлиту [6].

Нами была разработана система семеноводства картофеля при генеративном размножении для двухлетней культуры основанная на использовании семян от самоопыления специально подобранных гибридов [8]. Было показано, что генеративное потомство, полученное из самоопыленных семян некоторых гибридов, в целом не уступает гибридным. Однако более перспективным, на наш взгляд, является все-таки использование гибридных семян. Различия гибридного потомства двух родительских форм по характеру проявления отдельных признаков в реципрокных скрещиваниях были обнаружены впервые при широком применении гибридизации в селекционном процессе. При этом установлено в основном влияние материнской родительской формы на гибридное поколение. Различия в степени выраженности отдельных признаков в популяциях реципрокных скрещиваний выявлено на самых разных сельскохозяйственных культурах. Так, в реципрокных скрещиваниях пшеницы гибридное потомство достоверно отличалось по ряду хозяйственно ценных признаков, таких как основные элементы продуктивности, продолжительность вегетационного периода, жизнеспособность семян. Схожие

результаты были получены и на других полевых культурах [4, 9, 10, 12, 15].

Т.С. Седова изучала реципрокные гибридные популяции первого поколения семенной и клубневой репродукции от скрещивания южноамериканских диплоидных диких и культурных видов картофеля. Реципрокные эффекты были существенны лишь для части комбинаций. В некоторых реципрокных комбинациях, не различавшихся достоверно по средним популяционным, наблюдались существенные различия по амплитуде и степени изменчивости признаков. Прогнозировать реципрокные различия по значениям признаков родительских форм невозможно, однако диаллельный анализ данных клубневой репродукции позволил оценить способность разных видов картофеля обуславливать реципрокные эффекты. Статистически достоверные различия по средним популяционным, размаху варьирования, степени разнообразия позволяют рекомендовать реципрокные скрещивания в селекции картофеля [10].

Различия в проявлении отдельных признаков в реципрокных скрещиваниях были выявлены также в работах А.М. Golmirzaie, R. Ortiz [13] и R.C. Hutten, M.G. Schippers, J.G. Hermesen, M.S. Ramanna [14].

Определение материнского эффекта является актуальным при подборе сортов для скрещивания для любой культуры. Поэтому направление скрещивания может иметь большое значение в селекционном процессе у картофеля. Формирование новых форм в расщепляющихся гибридных популяциях часто объясняется взаимодействием ядерного материала обеих родительских форм. В то же время, цитоплазма клетки в этом процессе играет огромную роль. Общеизвестно, что митохондрии и хлоропласты передаются потомству только через материнскую форму. Эти органоиды играют важную роль при формировании урожая и у картофеля. Большое исследование по влиянию элементов цитоплазмы на проявление признаков в реципрокных скрещиваниях провели R. Sanetomo, C. Gebhardt [15]. В данном исследовании были выявлены количественно разнообразие цитоплазмы разных сортов. Знание типа цитоплазмы картофеля имеет важное значение для поддержания генетического разнообразия и решения проблемы мужской стерильности в селекционных программах. Это было первое комплексное исследование, показавшее соотношения отдельных цитоплазматических геномов с комплексом хозяйственно ценных признаков картофеля. Новые знания о влиянии цито-

плазмы на корреляцию содержания крахмала в клубнях и устойчивость к фитофторозу могут быть использованы для генетического улучшения картофеля.

Целью наших исследований была оценка селекционной ценности сортов цветного картофеля диетического направления в двухлетней культуре и определение реципрокного эффекта у комбинаций скрещивания с этими сортами. Для осуществления этой цели нам необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить характер проявления структурных элементов урожая клубней в гибридных комбинациях и у родительских форм.

2. Определить наличие реципрокного эффекта в гибридных комбинациях.

3. Определить наличие гетерозиса в гибридных комбинациях.

4. Изучить урожайность клубней гибридных комбинаций и родительских форм.

Схема опыта состояла из следующих вариантов:

1. Материнская форма – сорт Бержерак, отцовская форма – сорт Фиолетовый (прямое скрещивание).

2. Материнская форма – сорт Фиолетовый, отцовская форма – сорт Бержерак (обратное скрещивание).

Сорт Бержерак получен голландскими селекционерами. Выведен компанией ТРС. Сорт является среднеспелым. Габитус куста компактное растение средней высоты, окраска венчика красно-фиолетовая. Форма клубней овально-удлиненная, окраска кожуры и мякоти фиолетовая, глазки в основном мелкие, товарные клубни весят 70–80 г. Урожайность клубней средняя, лежкость клубней хорошая, содержание сухого вещества 21,5%. Устойчив к раку, относительно устойчив к ризоктониозу, парше, среднеустойчив к вирусным заболеваниям.

Сорт Фиолетовый выведен селекционерами ВНИИКС им. А.Г. Лорха. Среднеспелый сорт. Сорт является среднеспелым. Габитус куста компактное растение средней высоты, окраска венчика красно-фиолетовая. Форма клубней овально-удлиненная, окраска кожуры и мякоти фиолетовая, глазки в основном мелкие, товарные клубни весят 70–80 г. Урожайность и товарность средняя, лежкость зимой хорошая, крахмалистость 10–12%. К раку устойчив, к ризоктониозу, парше относительно устойчив. К вирусным болезням слабоустойчив. Вкусовые качества хорошие. Относится к диетическим сортам. В мякоти клубней имеются антиоксиданты, которые способны

выводить радионуклиды, снижают уровень атеросклероза, диабета, раковых заболеваний, укрепляют у кровеносных сосудов стенки, значительно улучшают зрение.

Экспериментальная работа проводилась на опытном участке кафедры земледелия и растениеводства в УНПЦ «Студенческий». Изучали первую клубневую гибридную репродукцию обеих комбинаций скрещиваний. Посадку проводили в середине мая, убирали клубни в начале сентября. Клубни сажали по схеме 70х10 см. Для посадки использовалась мелкая фракция севка размера 5...10 г. Делянки однорядковые по 15 растений. Повторность опыта шестикратная. Делянки размещали рендомизированно.

Учёты и наблюдения проводили в полевых условиях и лаборатории кафедры земледелия и растениеводства. Потомство в обоих скрещиваниях оценивалось по следующим параметрам: масса клубней и количество клубней с одного куста, средняя масса одного клубня, урожайность клубней. Величину гетерозиса и реципрокный эффект определяли на основе общепринятых методик [3]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью дисперсионного анализа на основе Microsoft Excel.

Предварительные результаты исследований по данной теме были доложены на XVIII Межрегиональной конференции-фестиваля научного творчества учащейся молодежи «Юность Большой Волги» [2].

Степень разработанности темы исследований является достаточной для практического использования полученных результатов в селекционной практике.

Научная новизна и оригинальность исследований заключается в том, что впервые в условиях Чувашской Республики проведена комплексная оценка селекционной ценности сортов цветного картофеля диетического направления в двухлетней культуре, а также проведено изучение реципрокного эффекта у комбинаций скрещивания с этими сортами.

Анализ структурных элементов урожайности клубней показал, что продуктивность растений первого клубневого поколения при использовании сорта Фиолетовый в качестве материнской формы была значительно выше, чем в случае использования в качестве материнской формы сорта Бержерак. Если в прямом скрещивании с куста было получено 278 г клубней, то в обратном скрещивании – 337 г клубней. Кроме того, при прямом скрещивании количество клубней оказалось больше, чем при обратном.

По средней массе клубней выявлена обратная картина.

Присутствие реципрокного эффекта по основным структурным элементам урожайности отражено в табл. 2. Материнский эффект сильно выражен по количеству клубней, слабо выражен по массе клубней с куста. Следует отметить, что селекционно более ценным по продуктивности является сорт Фиолетовый.

В селекционной практике у многих культур большую роль играет гетерозис или гибридная мощь. Гетерозис позволяет значительно увеличить показатели урожайности. У картофеля, в отличие от многих культур, гетерозис хорошо закрепляется, так как он в производственных условиях размножается не генеративно, а вегетативно. Особенности проявления эффекта гетерозиса представлены в табл. 3.

Как видно из таблицы, по массе клубней с куста и средней массе клубня самый высокий гетерозис выявлен для комбинации ♀ Фиолетовый х ♂ Бержерак. При этом значение гетерозиса по средней массе клубня было значительно выше. По количеству клубней для обеих гибридных комбинаций выявлен обратный эффект, то есть депрессия.

Индексом отбора элитных растений по массе клубней с куста была величина 1000 г. Такая продуктивность гибридов может гарантировать получение в производственных условиях урожайности 500–600 ц/га. Потомство прямого и обратного скрещиваний отличались и по данному показателю. В потомстве прямого скрещивания всего было отобрано в среднем 6,7 гибридов или 44,7%, а в потомстве обратного скрещивания соответственно 10,2 или 68,0%.

Таблица 1

Структурные элементы урожая клубней

Вариант	Масса клубней с куста, г	Кол-во клубней с куста, шт.	Средняя масса 1 клубня
1. F ₁ Бержерак х Фиолетовый	278	7,6	37
2. F ₁ Фиолетовый х Бержерак	337	6,7	50
3. Бержерак	229	9,7	25
4. Фиолетовый	279	9,1	31
НСР ₀₅	24	0,4	7

Таблица 2

Реципрокные эффекты

Вариант	Масса клубней с куста	Кол-во клубней с куста	Средняя масса 1 клубня
1. F ₁ Бержерак х Фиолетовый	– 0,98	4,50	– 1,86
2. F ₁ Фиолетовый х Бержерак	0,98	– 4,50	1,86
НСР ₀₅	0,45	0,17	0,23

Таблица 3

Проявление гетерозиса в потомстве

Вариант	Масса клубней с куста	Кол-во клубней с куста	Средняя масса 1 клубня
1. F ₁ Бержерак х Фиолетовый	2,2	– 17,4	23,3
2. F ₁ Фиолетовый х Бержерак	23,9	– 24,2	66,7
НСР ₀₅	2,9	3,1	13,2

Таблица 4

Эффективность отбора

Вариант	Отобрано гибридов	
	всего	%
1. F ₁ Бержерак х Фиолетовый	6,7	44,7
2. F ₁ Фиолетовый х Бержерак	10,2	68,0
НСР ₀₅	0,9	1,3

Таблица 5

Изменчивость количественных признаков, %

Вариант	Количество клубней	Продуктивность растений	Средняя масса 1 клубня
Бержерак	26,4	44,6	32,9
F ₁ Бержерак х Фиолетовый	37,0	53,3	41,1
F ₁ Фиолетовый х Бержерак	37,4	59,6	42,3
Фиолетовый	25,5	45,1	31,7

Для суждения о степени изменчивости или вариабельности признаков в биометрии наиболее часто используются следующие показатели: лимит или размах изменчивости, среднее квадратическое или стандартное отклонение, коэффициент вариации или изменчивости. В своей работе мы учитывали коэффициент вариации.

При определении пригодности популяций картофеля для генеративного размножения необходимо учитывать изменчивость признаков у генеративного потомства. При этом важно, чтоб популяции были однородными по окраске кожуры и мякоти клубней, форме клубней и глазков. Анализ этих признаков показал, что в данных комбинациях все растения во всех изученных популяциях имели одинаковые фенотипы. Изменчивость количественных признаков по структурным элементам урожая клубней имеет большое значение при формировании популяции второй клубневой репродукции, используемой на товарные цели. Показатели по изменчивости количественных признаков приведены в табл. 5. Как видно из таблицы, изменчивость количества клубней в гибридных популяциях гораздо выше, чем у родителей. При этом самая высокая изменчивость была характерна по продуктивности растений, а самая низкая – по количеству клубней в кусте. Направление скрещивания не оказало существенного влияния на изменчивость изученных количественных признаков. В обоих скрещиваниях коэффициент вариации признаков был примерно одинаковым. Кроме того, родительские формы также имели одинаковую вариабельность по элементам структуры урожая. Полученные сведения о характере изменчивости количественных признаков можно применять при проведении отбора в гибридных поколениях для формирования гибридных популяций для генеративного размножения.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о наличии материнского эффекта при скрещивании сортов Бержерак и Фиолетовый. Для увеличения продуктивности первой клубневой репродукции и повышения эффективности селекции в качестве матери желательнее использовать сорт

Фиолетовый. По всем элементам структуры урожая изменчивость в первом поколении гораздо выше, чем у родительских форм. Направление скрещивания не оказало существенного влияния на изменчивость изученных количественных признаков.

Список литературы

1. Будин К.З. Генетические основы селекции картофеля. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.
2. Ильин А.С. Селекционная оценка сортов картофеля в реципрокных скрещиваниях / А.С. Ильин, К.Г. Назарова // Юность Большой Волги: сборник статей лауреатов XVIII Межрегиональной конференции-фестиваля научного творчества учащейся молодежи «Юность Большой Волги». – Чебоксары, 2016. – С. 123–125.
3. Колядко И.И. Состояние и перспективы селекции картофеля / И.И. Колядко // Картофель и овощи. – 2002. – № 1. – С. 5–7.
4. Кривогорницин Б.И. Гибриды ячменя от реципрокного скрещивания / Б.И. Кривогорницин // Научные труды Сибирского НИИ с.-х. – 1975. – № 25. – С. 141–144.
5. Мефодьев Г.А. Влияние интенсивности отбора на структуру популяций клубневых поколений картофеля // Потенциал современной науки. – 2015. – № 3(11). – С. 83–86.
6. Мефодьев Г.А. Выращивание картофеля в двухлетней культуре в условиях Чувашской республики // Вопросы картофелеводства. – М., 1999. – С. 88–90.
7. Мефодьев Г.А. Изменчивость количественных признаков растений картофеля гибридных популяций / В сборнике: Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: материалы международной научно-практической конференции (посвященной 85-летию ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА) // ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». – Чебоксары, 2016. – С. 72–77.
8. Мефодьев Г.А. Система семеноводства картофеля при генеративном его размножении // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – № 5. – С. 32–33.
9. Обыдало Д.И. Эффективность отбора из гибридных популяций арахиса при реципрокных скрещиваниях / Д.И. Обыдало // Бюл. НТИ по масличным культурам, ВНИИМК. Вып. 1. – Краснодар, 1976. – С. 56–58.
10. Седова Т.С. Реципрокные эффекты в межвидовой гибридизации диплоидных видов картофеля / Т.С. Седова // Сельскохозяйственная биология. – 1981. – Т. 16, № 2. – С. 241–245.
11. Яшина И.М. Значение сорта в современных технологиях производства картофеля / И.М. Яшина // Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля: Материалы научно-практической конференции «Картофель 2010». – Чебоксары, 2010. – С. 41–44.
12. Bhat B.K., Dhawan N.L. Threshold concentration of Plasmon sensitive polygenic in the expression of quantitative characters of maize (*Zea mays* L.) // Theoretical and Appl. Genetics. – 1970. – V. 40, № 8. – P. 347–350.
13. Golmirzaie A.M., Ortiz R. Reciprocal effects in true potato seed breeding in short-day length environments // Plant Breeding. – 2003. – V. 122(4). – P. 372–374.
14. Hutten R.C., Schippers M.G., Hermesen J.G., Ramana M.S. Comparative performance of FDR and SDR progenies from reciprocal 4x-2x crosses in potato // Theor Appl Genet. – 1994. – V. 89(5). – P. 545–550.
15. Sanetomo R., Gebhardt C. Cytoplasmic genome types of European potatoes and their effects on complex agronomic traits // BMC Plant Biol. – 2015. – V. 15. – P. 162.

УДК 502.5 :625.77:581.93

ОПЫТ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКА ИМЕНИ БОРЦОВ РЕВОЛЮЦИИ «СОКОЛОК» ГОРОДА БИРСК (РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

Минина Н.Н., Шангареева Д.Ю., Рябова Т.Г., Черных И.В., Антипин И.А., Хакимова Р.Р.

*Бирский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Бирск,
e-mail: mnn27@mail.ru*

В статье представлены данные по изучению флоры парка имени борцов Революции «Соколок» г. Бирск РБ. Данная флора содержит 61 вид растений: 2 вида кустарников, 9 видов деревьев, 50 видов травянистых растений. При систематическом анализе было определено, что наиболее представленными семействами на территории парка являются представители Asteraceae, Rosaceae, Fabaceae, Poaceae. Таксономический анализ показал, что флора парка содержит 56 родов и 25 семейств. Результаты анализа растений парка по жизненным формам показали, что 41 вид (67,2%) являются гемикриптофитами, 11 видов – фанерофитами (18%), 7 видов – терофитами (3,3%). В ходе санитарно-гигиенической оценки жизненной устойчивости деревьев выяснилось, что среди 807 деревьев парка к 1 классу устойчивости принадлежат 178 экземпляров (22% деревьев), деревьев 2 класса устойчивости – 305 экземпляров (38%); деревьев 3 класса устойчивости – 150 экземпляров (19%); деревьев 4 класса устойчивости – 110 экземпляров (14%); деревьев 5 класса устойчивости – 64 экземпляра (7%). Среди всех древесных насаждений парка преобладают деревья, относящиеся к 2 классу устойчивости. По результатам проведенной эстетической оценки 231 дерево парка (29% от общего числа экземпляров деревьев) соответствует 1 баллу эстетического состояния; 425 экземпляров деревьев парка (53%) – 2 баллам эстетического состояния и 151 экземпляр деревьев (18%) – 3 баллам. Выявлено, что большинство деревьев парка имеют среднюю декоративность. Учет числа видов показал, что в парке деревьев лиственной породы – 751 экземпляр (93,5%), хвойной породы – 56 экземпляр (6%). Самыми многочисленными являются виды *Betula pendula* Roth, *Fraxinus americana* L., *Malus domestica* Borkh., *Acer negundo* L. Подсчет числа экземпляров деревьев, пораженных вредителями, в том числе грибами, показал, что к ним относятся 64 экземпляра деревьев парка (7%), в том числе: *Fraxinus americana* L., *Picea pungens* Engelm., *Malus domestica* Borkh., *Betula pendula* Roth. В статье показано, что в насаждениях клена американского (*Acer negundo* L.), липы европейской (*Tilia europaea* L.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) больше всего экземпляров, относящихся к 1 классу устойчивости; в насаждениях березы повислой (*Betula pendula* Roth), ясени американского (*Fraxinus americana* L.), тополя черного (*Populus nigra* L.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – деревьев 2 класса устойчивости; в насаждениях видов яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – деревьев 3 класса устойчивости; в насаждениях ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) – деревьев 5 класса устойчивости. Насаждений, в которых преобладает 4 класс устойчивости, обнаружено не было. Представленные данные позволяют сделать вывод, что экологическое состояние парка имени борцов Революции «Соколок» удовлетворительное.

Ключевые слова: флора, анализ флоры, систематический анализ, таксономический анализ, жизненные формы, классы устойчивости, эстетическая оценка

EXPERIENCE OF ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE PARK NAMED FIGHTERS REVOLUTION «SOKOLOK» BIRSK CITY REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Minina N.N., Shangareeva D.Y., Ryabova T.G., Chernykh I.V., Antipin I.A., Khakimova R.R.

*Birsk branch of Federal State Budget Educational Establishment of the Higher Education
Bashkir State University, Birsk, e-mail: mnn27@mail.ru*

The article presents data on the study of the flora of the park named after the fighters of the Revolution «Sokolok» Birsk city Republic of Bashkortostan. This flora includes 61 plant species: two species of shrubs, 9 species of trees, 50 species of herbaceous plants. The systematic analysis, it was determined that the most represented families in the park are the representatives of the Asteraceae, Rosaceae, Fabaceae, Poaceae. The taxonomic analysis showed that the flora of the park contains 56 genera and 25 families. Plant analysis results park on life forms showed that 41 species (67,2%) are hemicryptophytes, 11 species – fanerophytes (18%), 7 species – terophytes (3,3%). During the sanitary evaluation of the sustainability of vital trees revealed that among the 807 trees in the park to 1 class stability belong to 178 organism (22% of the trees) of trees 2nd class stability – 305 organism (38%); trees 3 class stability – 150 organism (19%); trees 4 class stability – 110 organism (14%); 5 trees of stability classes – 64 organism (7%). Among the woody plants of the park is dominated by trees related to the stability of 2 class. The results of the aesthetic evaluation 231 park trees (29% of the total number of organism of the trees) correspond to 1 point of the aesthetic state; 425 organism of the trees of the park (53%) – 2 points, the aesthetic condition and 151 tree instance (18%) – 3 points. It was revealed that most of the trees in the park trees have a high decorative effect. Accounting trees showed that in the park hardwood – 751 organism (93.5%), coniferous – 56 organism (6%). The most numerous species *Betula pendula* Roth, *Fraxinus americana* L., *Malus domestica* Borkh., *Acer negundo* L. Counting the number of organisms of the trees affected by pests, including fungi showed that these include 64 organism park trees (7%), including: *Fraxinus Americana* L., *Picea pungens* Engelm., *Malus domestica* Borkh., *Betula pendula* Roth. The article shows that in the plantation *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill., *Sorbus aucuparia* L. most instances related to the stability of class 1; in plantations of *Betula pendula* Roth., *Fraxinus Americana* L., *Populus nigra* L., *Pinus sylvestris* L. – tree 2 class sustainability; in plantations of species of *Malus domestica* Borkh., *Pinus sylvestris* L. – tree 3 class sustainability; in stands of *Picea pungens* Engelm. – 5 class stability. Plantings, which is dominated by 4 class stability, were found. These data allow us to conclude that the ecological condition of the park «Sokolok» named Revolution fighters satisfactory.

Keywords: flora, flora analysis, systematic analysis, taxonomic analysis, life forms, the stability classes, aesthetic evaluation

Состояние среды, отвечающее всем требованиям для создания гармоничной и здоровой жизни, это самый благоприятный для человека фактор. Городская среда должна соответствовать этому состоянию, чтобы удовлетворить потребность человека в проживании в экологически благоприятной среде обитания. Для устойчивого развития городских экосистем необходимо планомерно включать в ландшафт городов зеленые насаждения. Озеленение местности должно быть первостепенной задачей на пути к созданию равновесной экосистемы внутри городов [1, 3, 10].

Зеленые насаждения в городах выполняют много функций, они оздоравливают среду, способствуют улучшению экологической обстановки. При этом растения в городских условиях испытывают на себе влияние множества отрицательных антропогенных факторов (загрязнения всех сред жизни). Неблагоприятно на зеленые насаждения также воздействуют такие человеческие факторы, как неправильная посадка саженцев деревьев (нарушение аграрной технологии посадки), обламывание веток взрослых растений, вытаптывание растений под пологом деревьев, срывание цветов, захламление почвы мусором. Растительность городов намного чаще подвержена влиянию со стороны вредителей и болезней. Вследствие действия всей суммы неблагоприятных экологических факторов у растений в таких условиях намного, по сравнению с естественной средой обитания, снижено санитарно-гигиеническое и эстетическое состояние [6–8].

В парках создается комплекс микроклиматических особенностей, которые благотворно влияют на здоровье человека. Постоянные прогулки на лоне природы, в окружении зеленого цвета листвы, на свежем и чистом воздухе очень полезны для повышения самочувствия всех возрастов населения. Определив экологическое состояние парка, мы сможем при выполнении комплекса мероприятий по его поддержанию и улучшению создать благоприятные условия для проживания человека в среде с комфортными микроклиматическими, санитарно-гигиеническими и эстетическими показателями.

Цель и задачи исследования

Цель работы – исследование экологического состояния парка имени борцов Революции «Соколок» г. Бирск Республики Башкортостан.

Материалы и методы исследования

Парк имени борцов Революции «Соколок» расположен на правом берегу реки Белой, на Соколиной горе, в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины, в зоне Северной лесостепи, в незначительно засушливом агроклиматическом регионе Башкортостана. Правый берег реки Белой в границах Бирского района – составная часть Бирской лесостепи, которая характеризуется значительной (25–27%) облесенностью территории и распространением серых лесных почв; по вершинам водоразделов, по балкам и карстовым воронкам растут дуб, липа, клен, орешник, вяз. Долина реки Белой шириной 10–20 километров отличается от примыкающих к ней лесостепей комплексом своеобразных условий. Правый берег долины высокий, обрывистый с глубокими оврагами, левый – полого-низменный. Пойма занята обширными лугами, зарослями кустарников, а на более возвышенных частях – лесами [11].

При описании флоры и анализе жизненных форм была использована распространенная и универсальная система К. Раункиера [2, 5, 9].

Санитарно-гигиеническая оценка проводится при наружных обследованиях по 5 классам устойчивости. Первый класс устойчивости: деревья совершенно здоровые, с признаками хорошего роста и развития. Второй класс устойчивости: деревья с несколько замедленным приростом по высоте, с единичными сухими сучьями в кроне и незначительными (по 10–15 см) наружными повреждениями ствола, без образования гнилей. Третий класс устойчивости: деревья явно ослабленные, с наружной кроной, укороченными побегами, бледной окраской хвои у хвойных, с наличием дупел и стволовых гнилей, морозобойных трещин площадью свыше 150 квадратных сантиметров, прекратившимся или слабым приростом по высоте, со значительным количеством сухих сучьев (до 1/3 высоты) или суховершинностью. Четвертый класс устойчивости: деревья усыхающие, с наличием сильно распространившихся стволовых гнилей, плодовых тел на стволах, в кроне до 2/3 сухих ветвей, больших дупел и сухих вершин. Пятый класс устойчивости: деревья, усохшие или со слабыми признаками жизнеспособности, полностью пораженные стволовыми гнилями и стволовыми вредителями [4].

Эстетическая оценка проводится при наружных обследованиях по трехбалльной системе: 1 балл – дерево имеет высокие декоративные качества; проведения санитарных мероприятий не требуется; 2 балла – дерево средней декоративности, требуются небольшие работы по лечению ран, обрезке сухих ветвей и сучьев с последующей заделкой и декорированием мест повреждения; 3 балла – дерево имеет низкие декоративные качества, с засохшими или поломанными стволами и отводится в рубку (класс жизненной устойчивости обычно 5) [4].

В 2014–2016 гг. нами были произведены исследования флоры парка имени борцов Революции «Соколок». Исследования проводили по следующим направлениям: анализ флоры парка, санитарно-гигиеническая оценка (оценка жизненной устойчивости) деревьев, эстетическая оценка деревьев парка. Результаты исследований представлены ниже.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами проведен систематический анализ флоры. Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Систематический анализ флоры парка имени борцов Революции «Соколог»

Семейство	Число видов в семействе, шт.	Процент от общего числа видов, %	Число родов в семействе, шт.	Процент от общего числа родов, %
Asteraceae	11	17,9	10	17,8
Rosaceae	8	12,9	6	10,7
Fabaceae	7	11,3	7	12,5
Poaceae	5	7,9	5	8,9
Apiaceae	3	5	2	3,6
Brassicaceae	3	5	2	3,6
Geraniaceae	2	3,2	2	3,6
Lamiaceae	2	3,2	1	1,8
Pinaceae	2	3,2	2	3,6
Plantaginaceae	2	3,2	2	3,6
Polygonaceae	2	3,2	2	3,6
Rubiaceae	2	3,2	2	3,6
Aceraceae	1	1,6	1	1,8
Amaranthaceae	1	1,6	1	1,8
Betulaceae	1	1,6	1	1,8
Caprifollaceae	1	1,6	1	1,8
Convolvulaceae	1	1,6	1	1,8
Cyperaceae	1	1,6	1	1,8
Euphorbiaceae	1	1,6	1	1,8
Oleaceae	1	1,6	1	1,8
Papaveraceae	1	1,6	1	1,8
Salicaceae	1	1,6	1	1,8
Scrophulariaceae	1	1,6	1	1,8
Tiliaceae	1	1,6	1	1,8
Urticaceae	1	1,6	1	1,8
Всего видов	61	100	56	100

Таблица 2

Жизненные формы растений парка имени борцов Революции «Соколог» по К. Раункиеру

Жизненные формы	Число видов, шт.	Процент от общего числа видов, %
Гемикриптофиты	41	67,2
Фанерофиты	11	18
Терофиты	7	11,5
Геофиты	2	3,3
Гидрофиты	0	0
Хамефиты	0	0
Всего видов	61	100

Наиболее представленными семействами на территории парка имени борцов Революции «Соколог» являются представители семейств: Asteraceae (11 видов растений), Rosaceae (8 видов), Fabaceae (7 видов), Poaceae (5 видов). Остальные семейства представлены малым числом видов: Apiaceae, Brassicaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Pinaceae, Plantaginaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Aceraceae, Amaranthaceae, Betulaceae, Caprifollaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae,

Euphorbiaceae, Oleaceae, Papaveraceae, Salicaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Urticaceae.

Нами проведен таксономический анализ флоры парка. Флора парка представлена 61 видом растений, которые принадлежат к 56 родам и 25 семействам.

При анализе жизненных форм нами получены следующие данные (табл. 2).

Гемикриптофиты имеют наибольшее разнообразие и представлены 41 видом (67,2% от всех видов растений парка име-

ни борцов Революции «Соколок»). Нами также обнаружены: 11 видов фанерофитов (*Betula pendula* Roth, *Fraxinus americana* L., *Malus domestica* Borkh., *Sorbus aucuparia* L., *Acer negundo* L., *Picea pungens* Engelm., *Pinus sylvestris* L., *Populus nigra* L., *Tilia cordata* L., *Caragana arborescens* Lam., *Lonicera tatarica* L.) – 18%; 7 видов терофитов (*Lotus praetermissus* Kuprian., *Psephellus marschallianus* Spreng., *Polygonum aviculare* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus, *Thlaspi arvense* L., *Erodium cicutarium* L., *Chenopodium album* L.), что составляет 11,5%; 2 вида геофитов – (*Tussilago farfara* L., *Veronica chamaedrys* L.) – 3,3% от всех видов растений парка. Хамефиты и гидрофиты отсутствуют.

Нами проведена санитарно-гигиеническая оценка жизненной устойчивости деревьев. Ниже приводится санитарно-гигиеническая оценка деревьев парка имени борцов Революции «Соколок» по 5 классам устойчивости. Данные оценки жизненной устойчивости деревьев парка приведены в табл. 3.

Число экземпляров деревьев в парке имени борцов Революции «Соколок» 807 штук. Среди них деревьев 1 класса устойчивости обнаружено 178 экземпляров, что составляет 22% от общего числа деревьев парка; деревьев 2 класса устойчивости – 305 экземпляров (38%); деревьев 3 класса устойчивости – 150 экземпляров (19%); деревьев 4 класса устойчивости – 110 экземпляров (14%); деревьев 5 класса устойчивости – 64 экземпляра (7%).

В древесных насаждениях парка имени борцов Революции «Соколок» преобладают деревья 2 класса устойчивости.

Учет числа видов показал, что в парке 807 экземпляров деревьев, из них лиственной породы – 751 экземпляр (93,5%), хвойной породы – 56 экземпляров (6%). Самыми многочисленными являются виды *Betula pendula* Roth – 266 деревьев (33%), *Fraxinus americana* L. – 189 деревьев (24%), *Malus domestica* Borkh. – 125 деревьев (16%) и *Acer negundo* L. – 107 деревьев (13%). Подсчет числа экземпляров деревьев, пораженных вредителями, в том числе грибами, показал, что к ним относятся 64 экземпляра деревьев парка (7%), в том числе: *Fraxinus americana* L. – 43 экземпляра, *Picea pungens* Engelm. – 17 экземпляров, *Malus domestica* Borkh. – 3 экземпляра, *Betula pendula* Roth – 1 экземпляр. Число экземпляров деревьев, срубленных при санитарно-гигиенических работах осенью 2014 года, – 50 штук *Betula pendula* Roth. Благодаря проведенным санитарным рубкам, из парка были удалены деревья, пораженные стволовыми вредителями и представляющие угрозу для других деревьев парка. В июне и июле на открытых полянах парка проводится сенокошение площадью 150 квадратных метров. На клумбах парка выращиваются бархатцы отклоненные (*Tagetes patula* L.).

Нами проведена эстетическая оценка деревьев парка имени борцов Революции «Соколок» по трехбалльной системе. Данные эстетической оценки приведены в табл. 4.

Таблица 3

Оценка жизненной устойчивости деревьев парка имени борцов Революции «Соколок»

Класс устойчивости	Число экземпляров деревьев, шт.	Процент от общего числа деревьев, %
1	178	22
2	305	38
3	150	19
4	110	14
5	64	7
Всего	807	100

Таблица 4

Эстетическая оценка деревьев парка имени борцов Революции «Соколок»

Балл эстетической оценки	Число экземпляров, шт.	Процент от общего числа деревьев, %
1	231	29
2	425	53
3	151	18
Всего	807	100

Число экземпляров деревьев в парке имени борцов Революции «Соколог» – 807 штук. По результатам эстетической оценки 231 дерево парка (29% от общего числа экземпляров деревьев) получили 1 балл эстетического состояния; 425 экземпляров деревьев парка (53%) получили 2 балла эстетического состояния и 151 экземпляр деревьев (18%) получил 3 балла. Таким образом, было выявлено, что большинство деревьев парка соответствуют 2 баллам эстетического состояния (деревья средней декоративности).

Выводы

1. В ходе анализа во флоре парка имени борцов Революции «Соколог» был обнаружен 61 вид растений: 2 вида кустарников, 9 видов деревьев, 50 видов травянистых растений. При систематическом анализе было определено, что наиболее представленными семействами на территории парка являются Asteraceae, Rosaceae, Fabaceae, Poaceae.

2. Таксономический анализ показал, что флора парка представлена 61 видом растений, которые принадлежат к 56 родам и 25 семействам.

3. Результаты анализа растений парка по жизненным формам показали, что 41 вид растений (67,2%) являются гемикриптофитами, 11 видов – фанерофитами (18%), 7 видов – терофитами (3,3%).

4. Результаты санитарно-гигиенической оценки жизненной устойчивости деревьев показали, что среди 807 деревьев парка к 1 классу устойчивости принадлежат 178 экземпляров (22% деревьев), деревьев 2 класса устойчивости – 305 экземпляров (38%); деревьев 3 класса устойчивости – 150 экземпляров (19%); деревьев 4 класса устойчивости – 110 экземпляров (14%); деревьев 5 класса устойчивости – 64 экземпляра (7%). Среди всех древесных насаждений парка преобладают деревья, относящиеся к 2 классу устойчивости.

5. Учет числа видов показал, что в парке 807 экземпляров деревьев, из них лиственной породы – 751 экземпляр (93,5%), хвойной породы – 56 экземпляр (6%, %). Самыми многочисленными являются виды *Betula pendula* Roth (33%), *Fraxinus americana* L. (24%), *Malus domestica* Borkh. (16%) и *Acer negundo* L. (13%). Подсчет числа экземпляров деревьев, пораженных вредителями, в том числе грибами показал, что к ним относятся 64 экземпляра деревьев парка (7%), в том числе: *Fraxinus americana* L., *Picea pungens* Engelm., *Malus domestica* Borkh. млпара, *Betula pendula* Roth. Благодаря проведенным санитарным рубкам из парка были удалены деревья, пораженные

стволовыми вредителями, и представляющие угрозу для других деревьев парка.

6. По результатам проведенной эстетической оценки 231 дерево парка (29% от общего числа экземпляров деревьев) соответствуют 1 баллу эстетического состояния; 425 экземпляров деревьев парка (53%) – 2 баллам эстетического состояния и 151 экземпляр деревьев (18%) – 3 баллам. Таким образом, было выявлено, что большинство деревьев парка имеют среднюю декоративность.

7. Нами было выявлено, что в насаждениях клена американского (*Acer negundo* L.), липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) больше всего экземпляров, относящихся к 1 классу устойчивости; в насаждениях березы повислой (*Betula pendula* Roth), ясени американского (*Fraxinus americana* L.), тополя черного (*Populus nigra* L.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – деревьев 2 класса устойчивости; в насаждениях видов яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – деревьев 3 класса устойчивости; в насаждениях ели колочей (*Picea pungens* Engelm.) – деревьев 5 класса устойчивости. Насаждений, в которых преобладает 4 класс устойчивости, обнаружено не было.

8. Таким образом, экологическое состояние парка имени борцов Революции «Соколог» удовлетворительное.

Список литературы

1. Адигамова А.А. Экологическое состояние парка им. Ленина // Экология и природопользование: прикладные аспекты. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Уфа, 3–7 апреля 2017 г. – Уфа: Аэтерна, С. 11–14.
2. Алексеев Ю.Е., Алексеев Е.Б. Определитель высших растений Башкирской АССР. – Том 1. – М.: Наука, 1988. – 316 с. Том 2. – М.: Наука, 1989. – 375 с.
3. Калманова В.Б. Экологическое состояние дендрофлоры парка культуры и отдыха г. Биробиджана // Региональные проблемы. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 19–26.
4. Методические рекомендации по описанию деревьев. Конструктивно-экологическое Движение России КЕДР. Социально-экологический проект «Лесные богатства России. Деревья – живые памятники природы». – М.: Диля, 2016. – 20 с.
5. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Мулдашев А.А., Ямапов С.М. Флора Башкортостана: Учебное пособие. – Уфа: РИО БашГУ, 2004. – 148 с.
6. Новиков Н.А., Рябов А.В. Экологическое состояние древостоя парка «Грачевники на Крутике» в г.о. Шуя // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–4. – С. 16.
7. Ожаренков Д.В. Экологическая оценка ФГБУ «Национальный парк «Лосиный остров» // Евразийский союз ученых. – 2015. – № 5–8 (14). – С. 22–24.
8. Разинкова А.К., Перельгина А.Н. Оценка состояния зеленых насаждений парка «Орленок» г. Воронежа // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6, № 1 (21). – С. 104–115.
9. Флора Восточной Европы / Н.Н. Цвелев – М.; СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. – Т. XI. – 536 с.
10. Хачатрян Л.Р., Оганесян А.А. Экологическая оценка состояния зеленых насаждений административного района Арабкир города Еревана // Антропогенная трансформация природной среды. – 2014. – № 1. – С. 133–138.
11. Шакуров Р.З. Башкортостан. Краткая энциклопедия. – Уфа: Башкирская энциклопедия, 1996. – 672 с.

УДК 634.8.06:631.153: 621.386.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭМБРИОНАЛЬНОЙ ПЛОДОНОСНОСТИ ГЛАЗКОВ ВИНОГРАДА

Никольский М.А.

*ФГБНУ «Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства»,
Anapa, e-mail: mcnik-anapa@mail.ru*

Планирование и нормирование урожайности виноградного растения является одним из важных технологических элементов эксплуатации виноградных насаждений. От правильно подобранной длины обрезки и нагрузки виноградного куста глазками зависит не только количество и качество урожая, качество конечной винопродукции, но и особенности протекания вегетации, а также способы и условия применения технологических элементов, используемых в процессе реализации продукционного потенциала винограда. Различная степень закладки эмбриональных соцветий является одним из главных факторов, определяющих длину обрезки и нагрузку кустов глазками. Таким образом, определение эмбриональной плодородности зимующих глазков является важным инструментом регулирования продукционного потенциала виноградных насаждений. В настоящий момент определение эмбриональной плодородности винограда осуществляется проращиванием одноглазковых черенков в искусственных условиях или при помощи микроскопирования при 12–16 кратном увеличении. Оба способа подразумевают деструктуризацию объекта исследований. В настоящее время существуют методы и средства неразрушающего исследования внутренней структуры объекта и протекающих в нём процессов с помощью различных физических методов, например рентгенографии. Рентгеновский метод позволяет, не разрушая объекта исследования, определить все его объемные и линейные аномалии. В статье описана методика оценки эмбриональной плодородности глазков винограда методом микрофокусной рентгенографии. Предложенная методика позволяет не только упростить работу, но и снизить трудозатраты, а также уменьшить срок анализа за счет более оперативного получения результатов, а за счет таких преимуществ, как скорость и большая объективность, в перспективе может заменить собой традиционные методы оценки эмбриональной плодородности.

Ключевые слова: виноград, эмбриональная плодородность, закладка соцветий, микрофокусная рентгенография, диагностика, планирование урожая

USING THE METHOD OF MICROFOCUS X-RAY AT THE ESTIMATION OF THE EMBRYONIC FRUIT VARNITY OF THE VINEYARD BUDS

Nikolskiy M.A.

FSBSI Anapa Zonal Experimental Station of Viticulture and Winemaking North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, Anapa, e-mail: mcnik-anapa@mail.ru

Planning and normalization of the productivity of a grape plant is one of the important technological elements of the exploitation of vine plantations. Not only the quantity and quality of the harvest, and the quality of the final wine products, but also the features of vegetation flow, as well as the ways and conditions of using the technological elements used in the process of realizing the production potential of the grapes depend on the correctly selected length of the pruning and the load of the vine bush. A different degree of embryonic inflorescence is one of the main factors determining the length of the trimming and the load of the bush by the buds. Thus, the definition of embryonic fruitfulness of wintering buds is an important tool for regulating the production potential of vineyards. At the moment, the determination of the embryonic fruitfulness of the grapes is carried out by germination of one-buds cuttings under artificial conditions or by microscopy at a 12 to 16-fold magnification. Both methods involve destructuring the object of research. At present, there are methods and means of non-destructive investigation of the internal structure of the object and the processes occurring in it with the help of various physical methods, such as X-rays. The X-ray method allows not destroying the object of research to determine all its volumetric and linear anomalies. In the article the technique of estimation of embryonic fruitfulness of buds of grapes by a method of microfocus X-rays is described. The proposed methodology makes it possible not only to simplify the work, but also to reduce labor costs, and also to shorten the term of analysis due to more rapid results, and due to such advantages as speed and greater objectivity, in the long run it can replace traditional methods of estimating embryonic fruitfulness.

Keywords: grapes, embryonic fruitfulness, inflorescence, microfocus X-ray, diagnostics, crop planning

Разработка актуальных технологий рационального природопользования является важным направлением развития хозяйственной деятельности человека. В растениеводстве эти технологии основываются на выявлении устойчивых взаимосвязей в системе «растение – природные и антропогенные факторы», которые позволяют разрабаты-

вать методы прогнозирования и управления продуктивностью агроценозов. Виноградарство, как одна из наиболее ресурсозатратных отраслей сельского хозяйства, нуждается в новых технологиях рационального природопользования, основанных на использовании современных научных знаний и методов исследований. Одним из этапов

онтогенеза виноградного растения, влияющих на реализацию продукционного потенциала, является закладка и дифференциация эмбриональных соцветий [10].

Наиболее заметное влияние на закладку эмбриональных соцветий и формирование урожая винограда оказывают температурные условия среды, в частности сумма активных температур за вегетационный период. Учитывая продолжительность периода и динамику формирования зачаточных соцветий при различных погодных факторах среды в пределах одного и того же года, часто наблюдается разнокачественность глазков по длине однолетнего вызревшего побега, что является важным биологическим показателем, определяющим длину обрезки [1].

Различная степень закладки эмбриональных соцветий является одной из главных причин колебаний урожайности виноградных насаждений по годам. Направленным воздействием приемов агротехники можно в той или иной степени воздействовать на закладку и дифференциацию эмбриональных соцветий [5].

Таким образом, определение эмбриональной плодородности зимующих глазков является важным инструментом регулирования продукционного потенциала виноградных насаждений.

В виноградарстве существует два способа определения эмбриональной плодородности винограда – метод проращивания одноглазковых черенков в искусственных условиях [2] и вариации метода микроскопирования при 12–16 кратном увеличении и обособлении зачаточных соцветий [4]. Оба метода подразумевают деструктуризацию объекта исследований без возможности его дальнейшего использования, а также проверки результатов альтернативными методами.

В то же время, в международной практике для исследования внутренних структур растительных организмов используются различные методы интроскопических исследований, которые оставляют объект исследований в первозданном виде, не разрушая его. Из последних достижений следует отметить, что с 2011 г. в зарубежных литературных источниках встречаются работы по изучению внутренних структур виноградного растения с использованием реконструктивной томографии. В 2011 г. коллектив ученых из Калифорнии в исследованиях сосудистой системы ксилемы использовал рентгеновский томограф, применение которого позволило получить объемную модель сосудистой системы для

автоматизированного количественного анализа проводящей системы ксилемы [13]. В 2012 г. удалось построить объемную модель места срастания подвойно-привойных компонентов саженца, что позволило изучить процесс дифференциации клеток проводящей системы в месте соприкосновения трансплантатов [15].

В целом же рентгенография для изучения внутренней структуры растений и семян древесных пород, как за рубежом, так и в нашей стране используется достаточно давно [14].

Так, работы ученых ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» и ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства» показали, что рентгенография является одним из наиболее перспективных методов регистрации скрытых дефектов у растительных организмов, позволяющим визуализировать все его внутренние формообразующие структуры, а следовательно, и их плотностные, объемные и линейные аномалии [6, 11]. В свою очередь, технология микрофокусной рентгенографии служит наиболее объективным, точным и быстрым способом регистрации скрытых дефектов [3, 7, 8].

Нами применялся принципиально новый подход в оценке эмбриональной плодородности зимующих глазков винограда, основанный на использовании нового направления интроскопического метода исследований в виноградарстве – цифровой микрофокусной рентгенографии.

Материалы и методы исследования

Для нашего исследования использовалась специализированная установка, созданная в результате цикла работ по микрофокусной рентгенографии растений – рентгеновский микроскоп РМ-01.

Рентгеновский микроскоп РМ-01 позволяет получать снимки объектов исследований с увеличением до тысячи раз. С этой целью объект съемки размещается в специальном держателе, который в автоматическом режиме обеспечивает его перемещение в горизонтальной плоскости (по двум координатам), по вертикали, а также вращение вокруг оси. Визуализация рентгеновского изображения осуществляется с помощью приемника изображения, построенного по схеме «экран–оптика–ПЗС» [9]. Возможно также использование более чувствительного приемника на основе пластины с фотостимулируемым люминофором.

В разработке методики участвовали сорта винограда разного эколого-географического происхождения, произрастающие на Российской ампелографической коллекции генетических ресурсов винограда, содержащей 4911 единиц сохраняемого генофонда.

Подбор сортов осуществлялся таким образом, чтобы охватить сорта с разными коэффициентами плодородия и плодородности, а также с разной формой и величиной глазков.

Для получения наиболее информативных снимков черенки винограда располагают таким образом, чтобы узел с глазком и расположенным с противоположной стороны усиком размещался перпендикулярно потоку рентгеновского излучения для лучшего отображения глазка (рис. 1).

Для анализа глазков оказалось (с учетом параметров использовавшейся аппаратуры) достаточным прямое геометрическое увеличение изображения объектов на рентгеновских снимках в 3–5 раз.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе исследований для повышения информативности снимков значительное внимание было уделено оптимизации режимов съемки объектов исследования. Экспериментальные исследования показали, что получение резких и контрастных снимков обеспечивают следующие режимы работы

аппаратуры: напряжение 22 кВ, ток трубки 100 мкА, экспозиция 2 с. Указанные параметры съемки позволяют с наибольшей точностью получить информацию о размере, форме и плотности составляющих объект деталей. Снимки анализируются визуально или автоматически с помощью программы распознавания и количественной оценки [12].

Полученные снимки позволяли определять наличие или отсутствие (рис. 2, 3) зачатков соцветий, которые представляли собой конусообразные или овальные уплотнения (рис. 4–6).

Проведение определения эмбриональной плодородности методом микрофокусной рентгенографии так же, как в традиционном варианте, подразумевает определение коэффициента плодородия и плодородности центральных почек зимующих глазков.

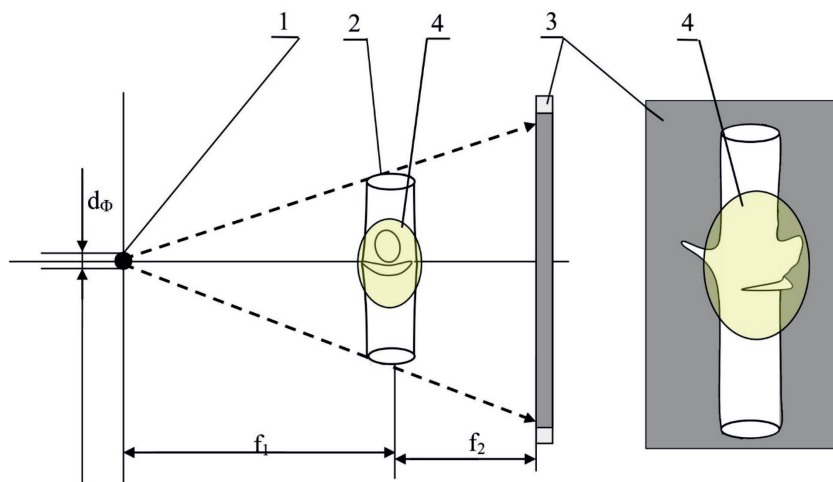


Рис. 1. Схема съемки черенка винограда: 1 – точечный источник излучения; 2 – черенок винограда; 3 – приемник изображения; 4 – глазок винограда

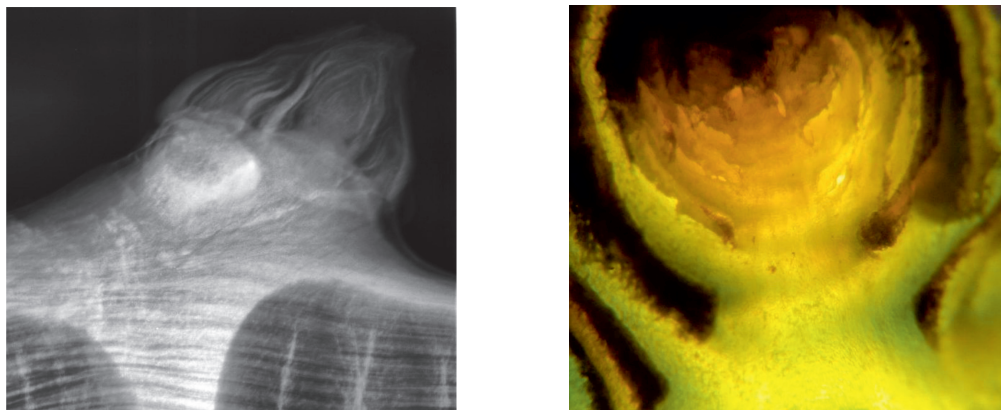


Рис. 2. Рентгеновский снимок и снимок через микроскоп виноградного глазка без зачатков соцветий

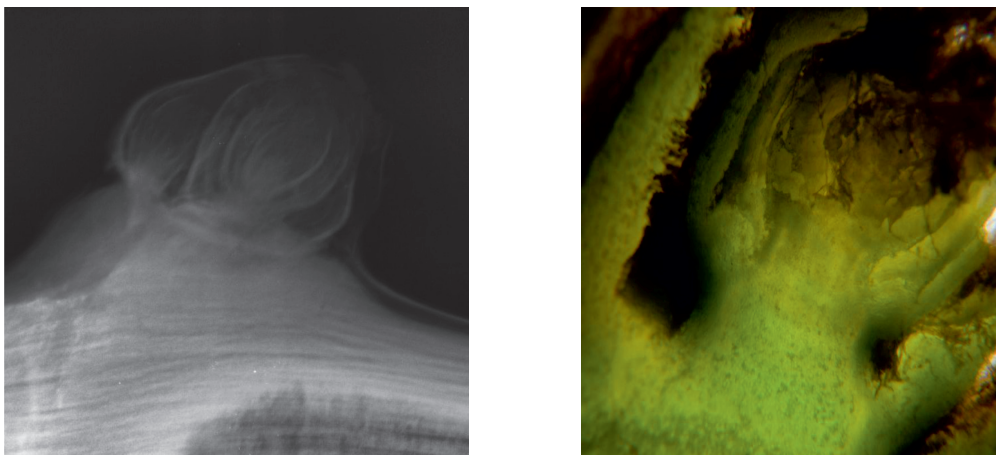


Рис. 3. Рентгеновский снимок и снимок через микроскоп виноградного глазка без зачатков соцветий

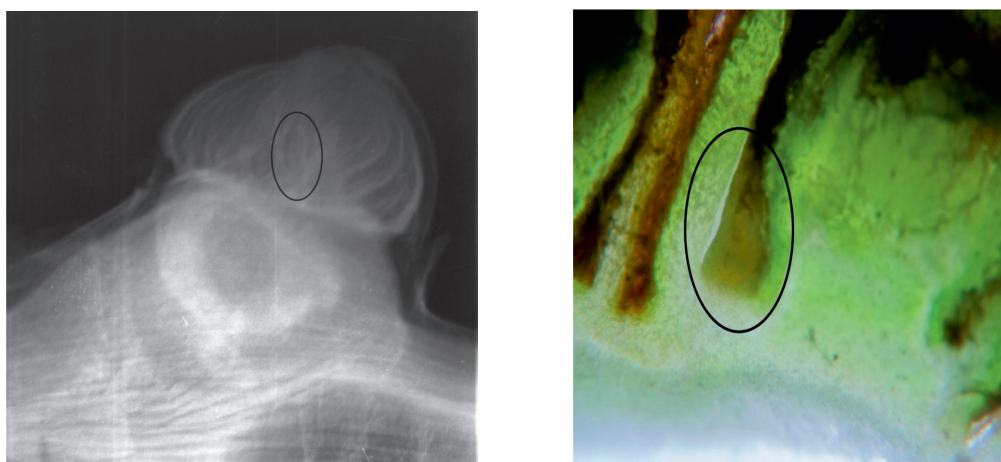


Рис. 4. Рентгеновский снимок и снимок через микроскоп виноградного глазка с зачатком соцветия (обведен)

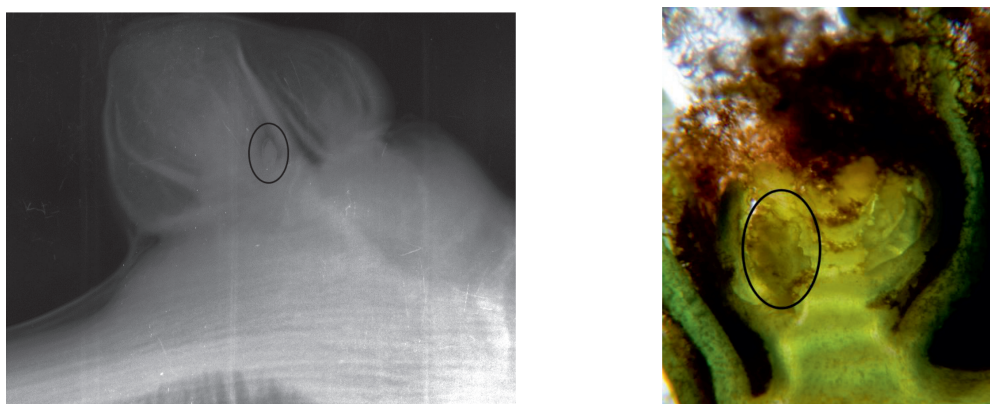


Рис. 5. Рентгеновский снимок и снимок через микроскоп виноградного глазка с зачатком соцветия (обведен)

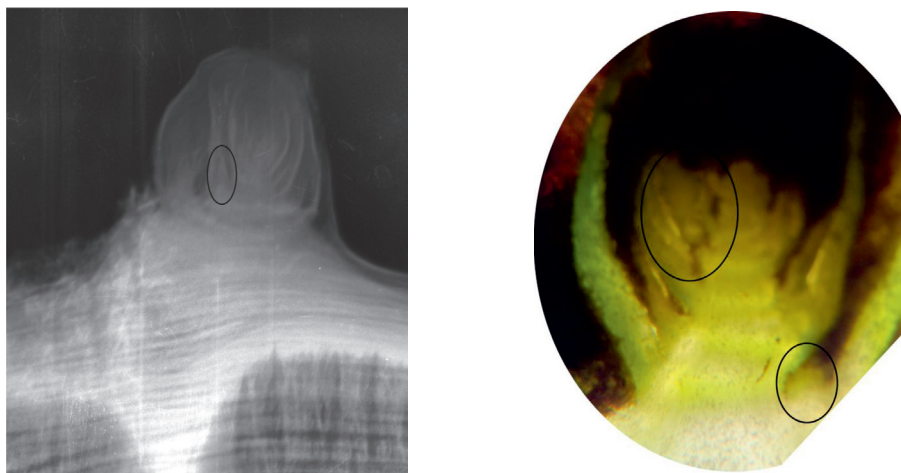


Рис. 6. Рентгеновский снимок и снимок через микроскоп виноградного глазка с зачатком соцветия (обведен)

Также следует при определении эмбриональной плодородности проводить учеты по сохранности глазков винограда.

Таким образом, предварительный анализ эмбриональной плодородности позволяет прогнозировать длину обрезки и устанавливать нагрузку кустов, тем самым наиболее рационально использовать потенциал виноградного куста и получать стабильные урожаи винограда.

Выводы

Предложенная методика определения эмбриональной плодородности позволяет не только упростить работу, но и снизить трудозатраты, а также уменьшить срок анализа за счет более оперативного получения результатов по сравнению с традиционными способами.

Экспериментальная проверка методики показала, что в большинстве случаев, для определения эмбриональной плодородности, достаточно съемки с трехкратным или пятикратным увеличением изображения.

Предложенная методика, за счет таких преимуществ, как скорость и большая объективность, в перспективе может заменить собой традиционные методы оценки эмбриональной плодородности.

Список литературы

1. Бейбулатов М.Р. Влияние погодных условий конкретной климатической зоны на продуктивность винограда / М.Р. Бейбулатов, А.П. Игнатов, Т.В. Фирсова // «Магарах» Виноградарство и виноделие. – Ялта, 2007. – № 3. – С. 36–37.
2. Благодоров П.П. Методы исследования в период зимнего покоя плодородности глазков винограда // Виноделие и виноградарство СССР. – 1961. – № 1. – С. 29–33.
3. Васильев А.Ю. Микрофокусная рентгенография – от прошлого к будущему / А.Ю. Васильев, Н.С. Серова, И.М. Буланова, Н.Н. Потрахов, А.Ю. Грязнов // Петербургский журнал электроники. – 2008. – № 2–3. – С. 19–25.
4. Дикань А.П. Методика быстрого определения плодородности центральных почек у винограда // Доклады ВАСХ-НИИ. – 1978. – № 5. – С. 19–20.
5. Дикань А.П. Потенциальная урожайность сортов винограда и ее использование // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1981. – № 7. – С. 24–27.
6. Зайцев В.А. Перспективы рентгенографии в диагностике качества семян / В.А. Зайцев, З.В. Редькина, Л.Б. Грун и др. // Селекция и семеноводство. – 1981. – № 7. – С. 37–38.
7. Никольский М.А. Определение скрытых дефектов места спайки, привитых саженцев винограда / Сборник материалов международной дистанционной научно-практической конференции молодых ученых «Параметры адаптивности многолетних культур в современных условиях развития садоводства и виноградарства. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2008. – С. 109–113.
8. Никольский М.А. Определение качества срастания привитых компонентов саженцев винограда, методом микрофокусной рентгенографии. Учебно-методическое пособие. / М.А. Никольский, М.И. Панкин, А.Ю. Грязнов, Н.Н. Потрахов. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2014 – 20 с.
9. Пат. на изобр. 2278440 РФ, МПК H01J35/02, H05G1/02, A61B6/03. Моноблок источника рентгеновского излучения / Потрахов Н.Н., Мухин В.М.; – № 200511181309/09; заявл. 20.04.05; опубл. 20.06.05. Бюл. № 17.
10. Петров В.С. Влияние факторов среды возделывания на закладку эмбриональных соцветий в центральных почках глазков винограда / В.С. Петров, Т.П. Павлюкова, В.В. Соколова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015. – № 33(03). – URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/03/06.pdf> (дата обращения: 15.05.2017).
11. Савин В.Н. Рентгенография для выявления внутренних повреждений и их влияние на урожайные качества семян / В.Н. Савин, М.В. Архипов, А.Л. Баденко и др. // Вестник с.-х. наук. – 1981. – № 10. – С. 99–104.
12. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2016663884. Программа обработки рентгеновских снимков (Image Processing-2) Дата гос. регистрации 19.12.2016 Авторы: Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Потрахов Н.Н., Холопова Е.Д. Подымский А.А., Баталов К.С.
13. Automated analysis of three-dimensional xylem networks using high-resolution computed tomography / Craig R. Brodersen, Eric F. Lee, Brendan Choat // New Phytologist. – 2011. – Vol. 191. – P. 1168–1179.
14. Gustafsson A., Simak M. Effect of X- and Y-ray on conifer seed. // Med. Statens Scogs for skonings institut. – 1958. – Vol. 48, № 5. – P. 1–24.
15. Visualization of the 3D structure of the graft union of grapevine using X-ray tomography / Mayeul Milien, AnneSophie Renault-Spilmont, Sarah Jane Cookson // Scientia Horticulturae. – 2012. – Vol. 144. – P. 130–140.

УДК [630*232+630*165]: 582.475.2

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ КАК ОБЪЕКТ СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛИСТВЕННОЙ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Пак Л.Н.

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН», Чита, e-mail: pak_lar@bk.ru

Представлены результаты последней инвентаризации географических культур лиственной, которые были заложены в период 1979–1980 гг. на территории Забайкальского края в Читинском лесничестве с целью их оценки, отбора и использования наиболее перспективных видов и климатипов для лесоразведения в данном регионе. Различия между климатипами определялись не только генетическими, но и средовыми факторами. Из испытанных семенных потомств 5 видов и 20 климатипов лиственной за семнадцатилетний период полностью погибло потомство лиственной Сукачева из Ивановской области Волжского лесхоза и лиственной Каяндера из Хабаровского края Охотского лесхоза. Элиминация потомства лиственной сибирской из Восточно-Казахстанской области Курчумского лесхоза отмечалась еще в первом классе возраста, при инвентаризации 1999 г. Предварительно, в результате оценки 35-летних географических культур лиственной, средние показатели по сохранности, росту, продуктивности стволовой древесины, а также по отсутствию искривления ствола, хорошему очищению ствола от сучьев, развитию живой кроны имели потомства лиственной Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза, лиственной сибирской Республики Бурятия Закаменского лесхоза и лиственной Сукачева из Свердловской области Егоршинского лесхоза. Имеющихся данных по всем климатипам недостаточно для объективной оценки, суждения об их ценности, выделения лучших из них, т.к. 81,3 % потомства лиственной пройдено верховым и низовым пожарами. Предположительно, климатипы, устойчивые к экстремальным средовым факторам, имеют средние показатели роста. Учитывая, что географические культуры лиственной являются объектом интродукции, источником сохранения генетического фонда, необходимо провести дальнейшие исследования с выращиванием и испытанием культур второго поколения.

Ключевые слова: Забайкальский край, географические культуры, лиственная, сохранность, рост, запас

GEOGRAPHIC CULTURE AS AN OBJECT OF CONSERVING BIOLOGICAL DIVERSITY IN THE LARCH IN ZABAYKALSKY KRAI

Pak L.N.

Institute of natural resources, ecology and Cryology of SB RAS, Chita, e-mail: pak_lar@bk.ru

Presents the results of a recent inventory of geographical cultures of larch, which were laid in the period 1979–1980 on the territory of Zabaykalsky Krai in the Chita forestry with the purpose of their assessment, selection, and use the most promising species and climatotypes for forestation in the region. The differences between climatotypes was determined not only genetic but also environmental factors. Of the tested seed progeny of 5 species and climatotypes of larch 20 for a seventeen-year period was completely lost offspring of *Larix sukaczewii* from the Ivanovo region of the Volga forestry and *Larix Cajanderi* of Okhotsk in Khabarovsk Krai forestry. Elimination of progeny of Siberian larch from the East Kazakhstan region Kurchum forestry was noted even in the first age class, under the inventory 1999 Previously, the evaluation of 35-year-old geographical cultures of larch, the average performance for the preservation, growth, and productivity of stem wood, as well as by the absence of crookedness, a good cleaning of the trunk of branches, the development of the live crown were of the offspring of the Chekanovsky larch from the Chita region, Petrovsk-Zabaykal'skiy Leskhov, larch Siberian Republic of Buryatia, Zakamensk forestry and *Larix sukaczewii* from the Sverdlovsk region Egorshinskij forestry. The available data for all climatotypes insufficient for an objective evaluation, judgment about their value highlight the best of them, because 81,3 % of the progeny of larch covered crown and ground fires. Presumably, the climatotypes resistant to extreme environmental factors, have average growth rates. Given that geographical cultures of larch are the subject of the introduction, the source of preservation of genetic Fund, it is necessary to conduct further studies with growing and testing cultures of the second generation.

Keywords: Transbaikalian territory, geographical culture, larch, safety, growth, stock

Одной из наиболее распространенных древесных пород на территории России и Забайкальского края является лиственная, на долю которой приходится около 36 % и 56 % покрытой лесом площади соответственно (по состоянию на 01.01.2016 г.) [2].

Потребность сохранения генетического потенциала лиственных лесов и восстановления их естественного видового разнообразия является одной из приоритетных проблем в связи с их интенсивной эксплу-

атацией, повышением рекреационной нагрузки, многочисленно повторяющимися лесными пожарами, массовым поражением лесными вредителями и болезнями, смены пород, а также климатическими изменениями, направленными на сокращение лесопокрытой площади.

Одним из инструментов сохранения генофонда данной древесной породы в Забайкальском крае, резервом в повышении продуктивности и устойчивости лесов на

генетико-селекционной основе могут служить географические культуры лиственницы, которые являются частью плановой работы по созданию и изучению географических культур основных лесообразующих пород, начатой в нашей стране с 1973 г. Однако с 1999 г., когда была проведена последняя всероссийская единовременная инвентаризация географических культур разных лет закладки, детальное изучение объекта в регионе не проводилось [4, 5].

Цель исследований состояла в проведении инвентаризации и отборе перспективных климатипов в географических культурах лиственницы, достигших конца второго класса возраста для лесоразведения в данном регионе.

Материалы и методы исследования

Согласно приказу Рослесхоза № 61 от 09.03.2011 г. географические культуры лиственницы расположе-

ны в южно-сибирской горной зоне в забайкальском горном лесном районе [1]. Объект площадью 14,0 га размещен на территории Забайкальского края в Читинском лесничестве в Сивяковском участковом лесничестве в кв. 58, выделе 15, в 40 км на юго-запад от г. Читы, на правом берегу среднего течения р. Ингода и нижнего течения р. Какова, на юго-западном склоне хр. Черского, постепенно переходящего в надпойменную террасу. Макрорельеф – равнина. Высота над уровнем моря – 700–800 м. Почвы – супесчаные, дерновые, слабоподзоленные. До освоения территория представляла собой вырубку 1977 г. лиственничного насаждения III класса бонитета. Объект имеет координаты 51° 51' с.ш., 113° 10' в.д.

Культуры лиственницы, являющиеся частью всесоюзного опыта, были заложены в 1979–1980 гг. Посадка выполнялась после сплошной вспашки почвы без оборота пласта, вручную: культуры 1979 г. – 4-летними, 1980 г. – 3-летними сеянцами. Схема посадки 2,5х0,75 м. Число повторностей зависело от количества стандартного посадочного материала лиственницы. Испытанию подлежали семенные потомства 5 видов и 20 климатических экотипов (далее – климатипов) (табл. 1).

Таблица 1

Географические пункты заготовки семян лиственницы
для закладки географических культур

№ п/п	Лесосеменной район	Происхождение		Географические координаты	
		Республика, край, область	Лесхоз	с.ш.	в.д.
Лиственница Сукачева (<i>Larix sukaczewii</i> Dylis)					
5	Ветлужско-Унженский	Ивановская	Волжский	57°10'	43°50'
9	Зауральский лесостепной	Башкирия	Учалинский	54°25'	59°35'
12(а)	Зауральский северо-таежный	Свердловская	Ивдельский	60°37'	60°25'
12	Среднезауральский	Свердловская	Егоршинский	57°30'	61°90'
13	Среднезауральский	Свердловская	Ново-лялинский	59°00'	60°40'
Лиственница Гмелина (<i>Lárix gmélinii</i> Rupr.)					
33	Шилкинский	Читинская	Могочинский	53°50'	120°55'
39	Приамурский	Хабаровский	Амгунский	51°37'	135°43'
44	Зейско-Буреинский	Амурская	Свободненский	51°30'	128°30'
б/н	Шилкинский	Читинская	Читинский	52°03'	113°29'
Лиственница сибирская (<i>Lárix sibirica</i> Ledeb.)					
18	Алтайский	Горно-Алтайская	Чемальский	52°03'	113°29'
20(а)	Салаиро-Кузнецкий	Хакасия	Октябрьский	54°20'	89°55'
20(б)	Салаиро-Кузнецкий	Хакасия	Бирикчульский	53°50'	90°10'
25	Саянский	Красноярский	Верхне-Манский	55°10'	93°45'
27	Верхнеленский	Иркутская	Качугский	53°55'	106°00'
29	Южноангарский	Иркутская	Вихоревский	56°50'	105°50'
30	Джидинский	Бурятия	Закаменский	50°25'	104°25'
46	Южно-Алтайский	Восточно-Казахстанская	Маркакольский	48°38'	85°40'
47	Южно-Алтайский	Восточно-Казахстанская	Курчумский	48°50'	84°40'
Лиственница Чекановского (<i>Lárix czekanowskii</i> Szaf)					
32	Южно-Забайкальский	Читинская	Петровск-Забайкальский	51°19'	108°52'
Лиственница Каяндера (<i>Lárix cajánderi</i> Mayr)					
37	Алдано-Майский	Хабаровский	Охотский	59°00'	142°00'

Изучение географических культур проводилось по Программе и методике, утвержденной решением Проблемного совета по лесной генетике, селекции и семеноводству от 05.04.1972 г., которая является единым документом для всех регионов страны [3].

С целью определения сохранности культур в возрасте 35 лет, на каждом блоке обследовали все живые деревья, подсчитывали число усохших деревьев, число пней и число пустых посадочных мест. Эти данные сравнивали с числом сеянцев, высаженных при создании культур. У всех живых деревьев климатипов определяли диаметр на высоте груди (с точностью 1 см). Высоту находили по графикам высот путем измерения высотомером по каждой 1 см ступени толщины. Качество ствола оценивали по баллам (5,4,3,2,1 и 0 соответственно) с разделением на прямые одноствольные, прямые двухствольные, слабо искривленные одноствольные, слабо искривленные двухствольные, сильно и многократно искривленные и кустовидные. Так же определяли протяженность и ширину кроны. Оценку климатипов проводили сравнением со средними значениями по объекту. Статистическую обработку полевых материалов проводили в программе Excel.

Результаты исследований и их обсуждения

Анализ полученных результатов показал, что 35-летние географические культуры лиственницы, в среднем по объекту на 2016 г. имеют невысокую сохранность – 31,6%, что соответствует 0,6–0,7 тыс. шт./га (табл. 2). Сравнение материалов инвентаризации культур 1999 и 2016 годов, показало на снижение сохранности (на 17,1%). За семнадцатилетний период полностью погибло потомство лиственницы Сукачева из Ивановской области Волжского лесхоза и лиственницы Каяндера из Хабаровского края Охотского лесхоза. Элиминация потомства лиственницы сибирской из Восточно-Казахстанской области Курчумского лесхоза отмечалась еще в первом классе возраста, при инвентаризации 1999 г. Инвентаризация 1999 г. показала, что практически все потомство лиственницы имело сохранность более 50%. Исключением была лиственница сибирская из Восточно-Казахстанской области Маркакольского лесхоза, у которой сохранность к 2016 г. снизилась на 0,2%. В настоящее время сохранность выше средней отмечается у потомства лиственницы Сукачева из Свердловской области Егоршинского и Ново-Лялинского лесхозов, лиственницы сибирской из Горно-Алтайской области Чемальского лесхоза, республики Хакасия Октябрьского и Бирикчуйского лесхозов, Красноярского края Верхне-Манского лесхоза, Иркутской области Качугского и Вихоревского лесхозов, республики Бурятия Закаменского лесхоза и лиственни-

цы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза. Лидером по числу сохранившихся особей, по результатам инвентаризации 1999 и 2016 годов, является потомство лиственницы сибирской из Красноярского края Верхне-Манского лесхоза. Столь неоднозначные результаты сохранности по годам как по интродукции разных видов лиственницы, так в пределах вида по месту происхождения исходных популяций свидетельствуют не только о реакции климатипов на новые условия роста, но и о ежегодных лесных пожарах, вызванных палами сухой травы. За семнадцатилетний период 81,3% климатипов было пройдено верховым и низовым пожарами. Климатипы, не тронутые лесными пожарами, составляют всего 18,7%.

Основными показателями реакции климатипов на воздействие природных и антропогенных факторов являются их рост и продуктивность.

Анализ таксационных материалов показал, что среднее значение диаметров стволов на объекте – 12,6 см. Изменчивость этого показателя по климатипам, в среднем, значительная – 23,0%. Это связано с неоднородностью, вариабельностью измерений диаметра (от 4 до 32 см) в зависимости от потомства. Предварительно, в число лучших по диаметру вошли древостой потомств лиственницы сибирской из Восточно-Казахстанской области Маркакольского лесхоза, лиственницы Гмелина из Хабаровского края Амгунского лесхоза. Однако позднее было установлено, что величина диаметра и его изменчивость в определенной степени зависят от сохранности потомства ($r = 0,5$ и $r = 0,2$ соответственно). Именно поэтому из категории лучших (по диаметру), на следующем этапе оценки, они были исключены. В то же время сохранность потомства климатипов не отражает густоту стояния деревьев на единицу площади, которая имеет обратную связь с диаметром, т.е. чем выше густота стояния, тем слабее рост по диаметру. Поэтому при сохранности выше 31,6%, рост по диаметру выше среднего имели климатипы лиственницы Сукачева из Свердловской области Егоршинского и Ново-Лялинского лесхозов, лиственницы сибирской из республики Хакасия Октябрьского и Бирикчуйского лесхозов, Красноярского края Верхне-Манского лесхоза и Республики Бурятия Закаменского лесхоза, лиственницы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза.

Таблица 2

Таксационная характеристика географических культур лиственницы

№ п/п	Вид лиственницы	Инвентарный номер	Происхождение Лесхоз	Сохранность, % от посаженных на 1999 г.	Сохранность, % от посаженных на 2016 г.	Диаметр, см		Высота, м		Запас древесины, м³
						М, ср.	± m	М, ср.	± m	
1	лиственница Сукача	5	Волжский	4,2	0	0	0	0	0	0
2		9	Учалинский	61,4	21,2	12,0	1,6	9,2	0,5	121,2
3		12(а)	Ивдельский	52,6	20,1	16,3	0,6	14,1	0,9	176,8
4		12	Егоршинский	63,1	38,2	12,6	0,9	13,0	0,9	181,3
5		13	Ново-Лялинский	54,4	38,4	16,6	0,7	15,3	0,6	129,0
6	лиственница Гмелина	33	Моточинский	51,25	23,5	16,0	2,0	14,3	0,7	153,9
7		39	Амгунский	59,7	21,9	17,3	1,2	16,5	0,7	113,5
8		44	Свободненский	61,2	28,6	14,0	2,0	15,4	0,6	180,0
9		б/н	Читинский	61,7	27,3	13,6	1,2	15,5	0,6	204,8
10		18	Чемальский	68,7	36,48	11,5	1,4	18,2	0,4	189,8
11	лиственница сибирская	20(а)	Октябрьский	61,0	38,51	13,0	1,0	12,6	0,7	226,9
12		20(б)	Бирикчульский	51,0	37,06	13,5	0,5	13,7	0,8	207,5
13		25	Верхне-Манский	79,2	51,37	13,5	0,5	14,2	0,9	228,2
14		27	Качугский	62,0	32,2	11,4	1,3	13,0	0,5	149,0
15		29	Вихоревский	61,2	36,0	11,0	1,8	14,3	1,6	204,5
16		30	Закаменский	45,3	44,4	16,0	1,6	16,1	0,6	258,2
17		46	Маркакольский	4,2	4	21,3	2,0	15,0	2,3	51,4
18		47	Курчумский	1,2	0	0	0	0	0	0
19		32	Петровск- Забайкальский	58,5	38,5	12,6	0,5	14,3	0,8	226,2
20	лиственница Каяндера	37	Охотский	14,25	0	0	0	0	0	0

Примечание: М – средний показатель; m – ошибка среднего; С – коэффициент изменчивости.

Хороший рост в высоту (при сохранности и росте по диаметру выше среднего), который, как правило, более обусловлен наследственностью, чем рост по диаметру, отмечался у всех указанных выше потомств лиственницы. Средняя изменчивость этого показателя между всеми климатипами невелика, составляет 19,2%.

Для дальнейшей оценки потомств лиственницы рассматривали следующий показатель – запас стволовой древесины на 1 га. При всех средних показателях (сохранности и роста) наибольшая продуктивность стволовой древесины выявлена у потомства лиственницы сибирской Республики Бурятия Закаменского лесхоза, Красноярского края Верхне-Манского лесхоза, республики Хакасия Октябрьского лесхоза, лиственницы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза. Запас выше среднего имели потомства лиственницы Сукачева из Свердловской области Егоршинского лесхоза и лиственницы сибирской из республики Хакасия Бирикчульского лесхоза. Анализируя полученные экспериментальные данные, следует отметить, что рост и продуктивность выше средних показателей имели климатипы, которые находились в пределах 50–57° с.ш. и 59–108° в.д.

Даже при хороших показателях сохранности, роста и продуктивности климатипы могут иметь малоценные стволы из-за кривизны и сучковатости. Поэтому оценку климатипов продолжали с рассмотрением качественных характеристик ствола (искривление ствола и степень его очищения от сучьев, развитие живой кроны). Практически все климатипы лиственницы (80%) имели слабо искривленные стволы. Исключением было потомство лиственницы сибирской из Иркутской области Вихоревского лесхоза, у которого отмечался сильно и многократно искривленный одноствольный и двухствольный древостой. В целом все климатипы были слабо очищены от сучьев. Наименьшая сучковатость, из выделенных ранее климатипов, наблюдалась у потомства лиственницы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза. Развитие живой кроны является одним из важных показателей продуктивности климатипов, который характеризует протяженность ствола до кроны. У потомств лиственницы этот показатель варьировался от 5,6 до 11,1 м. При всех средних показателях (сохранности, роста, продуктивности стволовой древесины), с учетом отсутствия искривления

ствола и средней степени очищения ствола от сучьев, лучшее развитие живой кроны наблюдалось у потомства лиственницы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза, лиственницы сибирской Республики Бурятия Закаменского лесхоза и лиственницы Сукачева из Свердловской области Егоршинского лесхоза. Доля живой кроны от общей высоты у них составляет 37,8–51,0%.

Выводы

1. Предварительно, в результате оценки 35-летних географических культур лиственницы, относительно средние показатели по сохранности, росту, продуктивности стволовой древесины, а также по отсутствию искривления ствола, хорошему очищению ствола от сучьев, развитию живой кроны имели потомства лиственницы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза, лиственницы сибирской Республики Бурятия Закаменского лесхоза и лиственницы Сукачева из Свердловской области Егоршинского лесхоза. Предположительно, указанные климатипы, снижением своего роста демонстрируют противостояние экстремальным средовым факторам.

2. Имеющихся данных по всем климатипам недостаточно для объективной оценки, суждения об их ценности, выделения лучших из них, т.к. 81,3% потомства лиственницы пройдено верховым и низовым пожарами.

3. Учитывая, что различия между климатипами по всем основным показателям определяются не только генетическими факторами, но и средовыми, необходимо провести дальнейшие исследования с выращиванием и испытанием культур второго поколения лиственницы.

Список литературы

1. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Лесные стационарные исследования в Забайкальском крае. – Чита: Поиск, 2011. – 492 с.
2. Доклад о состоянии и использовании лесов Российской Федерации за 2015 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/activity/use/docs/orders/2> (дата обращения: 17.04.17).
3. Изучение имеющихся и создание новых географических культур (программа и методика работ) [Текст]: Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР, от 5 апр. 1972 г. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. – 52 с.
4. Об инвентаризации географических лесных культур [Электронный ресурс]: приказ Федеральной службы лесного хозяйства России от 16 апр. 1999 г. № 88. – Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/80> (дата обращения: 17.04.17).
5. Пак Л.Н., Бобринев В.П. Географические культуры лиственницы 1980 года посадки в Забайкальском крае // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6, № 1 (21). – С. 44–52.

УДК 630*431.2(571.56-18)

ГОРИМОСТЬ ЛЕСОВ ВЕРХОЯНСКОГО РАЙОНА (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

Протопопова В.В., Габышева Л.П.

ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск,

e-mail: llp77@yandex.ru

В статье приведены результаты изучения горимости лесов Верхоянского района, расположенной на Северо-Востоке Якутии. Район характеризуется горным рельефом, субарктическим резкоконтинентальным климатом, большими амплитудами температуры воздуха и малым количеством осадков. На основе статистических данных о лесном фонде, лесных пожарах, предоставленных Департаментом по лесным отношениям Республики Саха (Якутия), выполнен анализ горимости лесов района, причин пожаров, по срокам возникновения. Леса района относятся к Восточно-Сибирскому району притундровых лесов, лесотундры и редкостойной тайги. 22% лесов относится к защитным лесам, 36% – эксплуатационным, 42% лесов относится к резервным лесам. Лесопожарное авиапатрулирование на данной территории не проводится. По сравнению со средней горимостью Якутии, леса Верхоянского района менее горимы, относятся к IV классу пожарной опасности, но за последние годы произошло накопление большого количества напочвенного растительного горючего материала, что может быть причиной, при длительной засухе, резкого увеличения пожарной опасности в этих лесах. Лесные пожары низовые, беглые, отмечены также торфяные, чаще всего возникают по причине «сухих» гроз. Пожароопасный сезон делится на два периода: раннелетний и летний, обусловленный состоянием лесной растительности и сезонностью появления источников огня. Наиболее продолжительным и пожароопасным является летний период. Изучены основные проводники горения в различных типах леса Верхоянского района. На основе изучения горючих материалов в разных типах леса разработана шкала классов природной пожарной опасности. Выделено три класса: высокопожарные, среднепожарные и малопожарные. Основными проводниками горения являются сухомшистые, травяно-ветошные группы. Среднепожароопасными являются влажно-мшистые, плотноопадные группы, и малопожароопасными являются болотномоховые группы.

Ключевые слова: лесные пожары, Северо-Восточная Якутия, пожароопасность, горимость, классы природной пожарной опасности

INFLAMMABILITY ON THE VERKHOFYANSK FORESTRY (NORTHEAST YAKUTIA)

Protopopova V.V., Gabysheva L.P.

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

The article presents the results of the study of the inflammability of the forests of the Verkhoyansk region, located in the Northeast of Yakutia. The region is characterized by mountainous relief, subarctic extreme continental climate, large air temperature amplitudes and low precipitation. Based on the statistical data on the governmental forest fund, forest fires the analysis of the inflammability of the region's forests, the causes of fires, and the timing of their occurrence was carried out. Fire-fighting air patrolling in this territory is not carried out. Compared with the average inflammability of Yakutia, the forests of the Verkhoyansk region are less mountainous, belong to the IV class of fire danger, but in recent years there has been an accumulation of a large amount of ground vegetable fuel material, which can cause, with prolonged drought, a sharp increase in fire danger in these forests. The fire season is divided into two periods: spring and summer. The most prolonged and fire dangerous is summer period. The main conductors of fire in different types of forest in the Verkhoyansk region were studied. Based on the study of fired materials in different types of forest, a scale of classes of natural fire hazard was developed. Three classes are distinguished: high-fire, medium-fire and low-fire. The main conductors of burning are dry-moss, herbaceous-dead grass groups. Wet-mossy, densely-litter groups are medium fire dangerous, and marsh-moss groups are not very fire dangerous.

Keywords: forest fires, Northeast Yakutia, fire danger, inflammability, classes of natural fire danger

Леса Якутии отличаются чрезвычайно высокой горимостью, что определяется особенностью климата и природными условиями региона. В таежно-мерзлотной зоне, на территории Сибири ежегодно возникает около 30 тыс. лесных пожаров на площади приблизительно 5000000 га. К регионам с высокой плотностью пожаров относится Якутия, в среднем, количество пожаров в год достигает 600. Горимость лесного фонда Якутии почти в 2 раза выше, чем средняя горимость лесного фонда России.

По данным Департамента лесного хозяйства Республики Саха (Якутия) площадь невозобновившихся гарей и погибших насаждений составляет 15 млн га при лесопокройной площади около 131 млн га.

Верхоянский район относится по лесопожарному районированию Российской Федерации к Яно-Колымской лесопожарной области и к Верхоянско-Черскому северо-таежному округу, характеризующемуся горным рельефом, плотностью населения 0,1 человек / км². Расположен на севере

Якутии. Климат – субарктический, резко континентальный. Средняя температура января -38°C ... -48°C , июля $+15^{\circ}\text{C}$... $+17^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает в год от 150 мм до 300 мм. Самая низкая температура воздуха ($-67,8^{\circ}\text{C}$) за пределами Антарктиды была зафиксирована в феврале 1892 г. на территории улуса в городе Верхоянск. Лесистость лесного фонда района составляет 25 %, заболоченность – 40 %, фактическая горимость умеренная [1, 9].

Цель работы – изучение горимости лесов Верхоянского лесничества, одного из труднодоступных районов Якутии.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования были проанализированы статистические данные по лесным пожарам, предоставленные Департаментом по лесным отношениям Республики Саха (Якутия) Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия). Исследованы природные пирологические свойства основных типов леса в Верхоянском районе. Исследования проводили в лиственных лесах на территории Верхоянского района. Исследования проведены по общепринятым лесоводственно-геоботаническим методам [7], статистические данные о лесных пожарах обработаны на основе методики Н.П. Курбатского [3], проводники горения изучены на основе методики А.В. Волокитиной, М.А. Сафронова [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Территория Верхоянского района относится к Томпонскому лесничеству, к которому относятся территории четырех административных районов Республики Саха (Якутия): Верхоянского, Кобяйского, Эвено-Бытантайского и Томпонского. Общая площадь Томпонского лесничества составляет 45405090 га. К территории Верхоянского района относятся Верхоянское, Батагайское и Депутатское участковые лесничества, которые занимают всего 17161303 га (табл. 1).

Из них 22 % лесов относится к защитным лесам, 36 % к эксплуатационным, 42 % лесов относится к резервным лесам (табл. 2). К защитным лесам относятся леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов, зеленые зоны сел и городов, ценные леса, нерестовоохранные полосы лесов и леса, расположенные в лесотундровых зонах и горах. Леса района относятся к Восточно-Сибирскому району притундровых лесов, лесотундры и редкостойной тайги. Лесопожарное авиапатрулирование на данной территории не проводится.

Таблица 1

Лесной фонд Верхоянского района

	Наименование участковых лесничеств	Общая площадь, га
1	Батагайское	9 914 435
2	Верхоянское	3 517 310
3	Депутатское	3 729 558
	Итого по району	17 161 303

Таблица 2

Подразделение лесов Верхоянского района по целевому назначению и категориям защитности

Целевое назначение лесов и категорий защитных лесов	Участковое лесничество	Площадь, га
Защитные леса	Батагайское	1409078
	Верхоянское	175457
	Депутатское	2181952
	Итого	3 766 487
Эксплуатационные леса	Батагайское	3044990
	Верхоянское	3187827
	Итого	6 232 817
Резервные леса	Батагайское	3011510
	Верхоянское	2602883
	Депутатское	1547606
	Итого	7 161 999
Всего по району		17 161 303

Леса Верхоянского района менее горимы, чем леса Якутии в целом, относятся, по данным Департамента, по лесным отношениям Республики Саха, к IV классу пожароопасности. Так, за период с 1955 по 2011 г. на территории Верхоянского лесхоза произошло 967 лесных пожаров, сгорело 369380 га лесов (рис. 1, 2, 3). В среднем ежегодно регистрировалось 14 пожаров, среднегодовое количество сгоревших площадей 487 га, средняя горимость 0,01 %.

Изменения горимости лесов отражены на диаграммах. За 56-летний период на данной территории было 5 пиков горимости в 1955, 1965, 1975, 1982, 1988, и небольшое увеличение в 1993, 2002 гг. А 1970, 1972, 1992, 1996, 2004 характеризуются как

периоды с минимальным количеством возгораний. Здесь необходимо отметить, что за период с 2005 по 2011 г. на территории Верхоянского района не было зарегистрировано ни одного лесного пожара.

Увеличение или уменьшение горимости зависит от погодных условий в данный пожароопасный сезон, причем это в большей степени зависит от суммы осадков, чем от температуры воздуха. На диаграмме видна обратная зависимость числа лесных пожаров от суммы осадков за пожароопасный период. По статистическим данным были рассчитаны коэффициенты корреляций между суммой осадков в пожароопасный сезон и числом лесных пожаров ($-0,53$), что показывает достаточную связь между данными показателями.

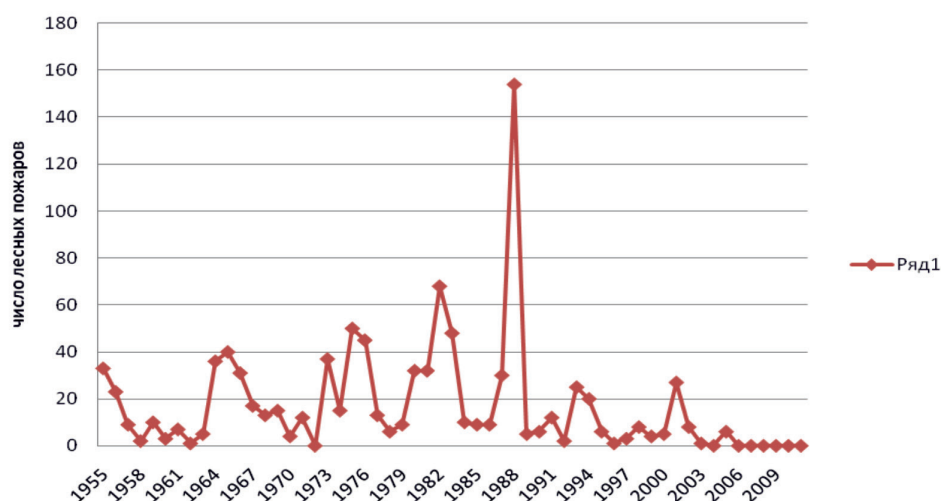


Рис. 1. Количество лесных пожаров в Верхоянском лесничестве в 1955–2011 гг.

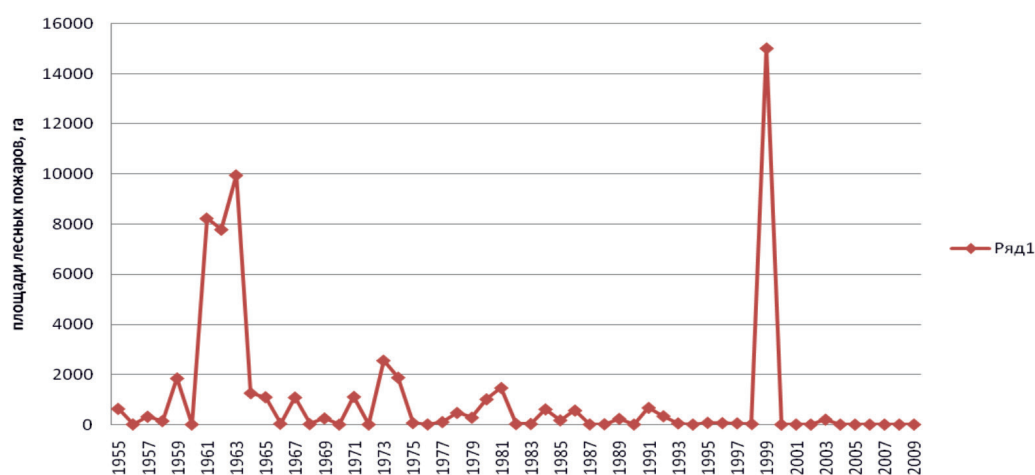


Рис. 2. Площади лесных пожаров в Верхоянском лесничестве в 1955–2011 гг.



Рис. 3. Распределение лесных пожаров по срокам возникновения в Верхоянском улусе (1999–2003 гг.)

В последние годы также прослеживается тенденция увеличения сумм осадков в пожароопасный и в остальные сезоны года.

Анализ данных о причинах возникновения пожаров за более чем полувековой период выявил, что наиболее распространены лесные пожары от «сухих гроз» в июле-августе (более 60%) и деятельности человека (около 40%) в основном от сельскохозяйственных палов.

Лесные пожары в абсолютном большинстве низовые, беглые. Также здесь были отмечены случаи подземных, или торфяных пожаров. Торфяники в Верхоянском улусе мощностью не превышают 1 метр.

Наиболее крупные торфяные пожары в Батагайском лесничестве были зафиксированы в 1963 г. в окрестностях озера Хотогор, в 1987 г. также в окрестностях того же озера и озера Ыллах. То же месторождение близ озера Хотогор горело в 1991 г. Причиной торфяных пожаров являлись местные жители.

Нами выявлено, что количество лесных пожаров в Верхоянском районе невысокое, а площадь пожаров больше, что связано с малой заселенностью района, труднодоступностью территории и отсутствием авиапатрулирования.

Таким образом, лесные пожары на территории Верхоянского улуса были всегда, при этом они оказывали прямое или косвенное влияние на лесные экосистемы.

В мерзлотных регионах, трудно контролируемых специальной лесной природоохранной службой, избежать лесных пожаров практически невозможно, так как в условиях слабого разложения растительного опада и недостаточной минерализации органических веществ в почве накопление горючего материала происходит в размерах, достаточных для возникновения лесных пожаров в засушливые периоды года [5]. Лесные пожары имеют определенную тенденцию к цикличности возникновения, связанную с колебанием изменчивости климата по годам.

В основе деления пожароопасного сезона на два периода – раннелетний и летний – лежит наличие между периодами небольшого переходного времени затишья в возникновении лесных пожаров, обусловленного, во-первых, состоянием лесной растительности, во-вторых, сезонностью появления источников огня. Наиболее продолжителен и пожароопасен летний период сезона. Он составляет в среднем по продолжительности 70%, по числу возникающих пожаров более 80% и по площади распространения более 90% от соответствующих показателей за весь пожароопасный сезон.

Основной лесообразующей породой в лесах Верхоянского района является лиственница Каяндера. Распространены ли-

ственничники средневлажных условий местопроизрастания – брусничные и зеленомошные с ерниками, с березой Миддендорфа, кедровым стлаником. Менее распространены сухие – лишайниковые, лишайниково-багульниковые. На склонах южной экспозиции на нижней трети чаще встречаются лиственничники багульниково-брусничные, близкие к долинным лиственничникам, также лиственничные редколесья дриадово-моховые с кедровым стлаником. На сухих участках нижней части южных склонов встречается лиственничное редколесье злаково-лишайниковое. На склонах северной экспозиции распространены лиственничные редколесья багульниково-моховые. Вверх по склону происходит постепенная смена лиственничных редколесий на кустарниковые сообщества, образующие подгольцовый пояс с кедровым стлаником и ерниками, распространенный как на склонах ближе к вершинам, так и по бугристо-ступенчатым днищам распадков гор [2, 6, 9].

Для каждой группы типа леса живой и мертвый напочвенные покровы подразделяются на отдельные составляющие части: проводники горения, поддерживающие и задерживающие распространение горения [1, 4].

Тип напочвенных горючих материалов характеризует пирологическую особенность напочвенного покрова лесных участков, обуславливающую относительную скорость его пожарного созревания, и служит основанием для отнесения участка к тому или иному классу природной пожарной опасности лесов. Основными проводниками горения при низовых пожарах служат слои из мхов, лишайников, опада, травяной ветоши и их смесей. Поддерживают и усиливают горение валежник, горючие кустарнички (багульник и др.), хвойный подрост и хвойный подлесок. Задерживают горение сочные травы и толокнянка.

Характер напочвенных горючих материалов в разных типах леса представлен в табл. 3.

Таблица 3

Основные виды напочвенных растительных горючих материалов в различных типах леса в Верхоянском районе

Группы типов леса	Основные виды почвенных горючих материалов			Тип ОПГ	
	Проводники горения	Поддерживающие горение	Задерживающие горение	весна	лето
Лиственничные леса – 88%					
1. Лиственничники брусничные					
Л. брусничный	опад	брусника, шиповник, багульник	нет	Пл	Пл
Л. ольховниковый-брусничный	опад	ольховник, кустарнички	нет	Пл	Пл
2. Лиственничники зеленомошные					
Л. бруснично-зеленомошный	мхи	брусника	нет	Сх	Сх
Л. голубично-зеленомошный	мхи	брусника, голубика	нет	Сх	Сх
Л. ерnikово-разнотравно-голубичный	ветошь		нет	Сх	Сх
Л. зеленомошный	мхи	брусника	нет	Сх	Сх
Л. багульниково-сфагновый	Мхи лишайники	кустарнички			
Кедровые стланики и березняки – 8%					
К. кустарничковый лишайниковый	опад		нет	Рх	Рх
К. мертвопокровный щепнистый	опад		нет	Рх	Рх

Примечание. Типы основного проводника горения: Рх – рыхлоопадный, Пл – плотноопадный, Сх – сухомшистый.

Таблица 4

Шкала пожарной опасности по типам леса в Верхоянском районе

Класс пожарной опасности	Тип основного проводника горения (1 – мшистые и 2 – опадные)	Тип леса, относящийся к данному классу природной пожарной опасности
I. Высокопожароопасные	1. Сухомшистый (Сх) 2. Травяно-ветошный (Тв) (весной)	<u>Лиственничники</u> : разнотравно-брусничный, бруснично-лишайниковый, бруснично-зеленомошный
II. Среднепожароопасные	1. Влажномшистый (Вл) 2. Плотноподный (Пл)	<u>Лиственничники</u> : голубично-зеленомошный, багульниково-зеленомошный, ерниково-зеленомошный, бруснично-зеленомошный
III. Малопожароопасные	1. Болотномоховый (Бм)	<u>Лиственничники</u> : вейниковый, багульниково-сфагновый

Скорость пожарного созревания напочвенных покровов определяет пожароопасность лесных участков по быстроте наступления возможности возникновения пожаров в них с установлением бездождевого периода. Именно постепенное высыхание проводников горения приводит к пожарной зрелости лесных участков. А.П. Яковлев [8] на основе классификационной схемы типов лесов и типов напочвенных горючих материалов была составлена схема распределения лесов в пожароопасном отношении. На основании этой схемы и проведенных нами наблюдений мы также выделили типы напочвенных горючих материалов (основных проводников горения) в лиственничных лесах Верхоянского района (табл. 4).

На основе полученных опытным путем показателей наступления пожарной зрелости основных типов лиственничных лесов (по показателям Нестерева $\Sigma t(t-t)$ и N) и выделения типов почвенных горючих материалов разработана шкала природной пожарной опасности лиственничных лесов, т.е. произведена их классификация по степени опасности возникновения пожаров в них по природным особенностям.

Таким образом, лесной фонд Верхоянского района Республики Саха (Якутия) составляет 17,161 млн га. Ежегодно регистрируется в среднем 14 пожаров, среднегодовое количество сгоревших площадей 487 га, средняя горимость 0,01%. Более 60% пожаров возникают от «сухих» гроз. При этом количество лесных пожаров в Верхоянском районе невысокое, а площадь пожаров больше, что связано с малой заселенностью района, труднодоступностью территории и отсутствием авиатрулирования. Леса относятся к II, III и IV классов пожароопас-

ности (высокопожароопасные, среднепожароопасные и малопожароопасные). Основными проводниками горения являются сухо- и влажномшистые, плотноподные и травяно-ветошные.

Работа выполнена при поддержке проекта: «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии. Регистрационный номер: АААА-А17-117020110056-0».

Список литературы

1. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 54–67.
2. Исаев А.П., Михалева Л.Г., Чикидов И.И. Растительные сообщества бассейна р. Аркачан (Центральная часть Верхоянского хребта) // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 3. – С. 62–66.
3. Курбатский Н.П. Определение степени пожарной опасности в лесах // Лесное хозяйство. – 1957. – № 7. – С. 53–57.
4. Протопопова В.В., Габышева Л.П. К характеристике накопления напочвенных горючих материалов в лесах Центральной Якутии // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/131-23500>.
5. Лыткина Л.П. Лесовозобновление на горах Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия). – Новосибирск: Сиб. изд. фирма «Наука» РАН, 2010. – 118 с.
6. Николин Е.Г. Жизненные формы растительных поясов Верхоянского хребта // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: материалы IV Междунар. науч. конф., посвящ. 125-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета и 160-летию со дня рождения П.Н. Крылова (Томск, 1–3 ноября 2010 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – С. 216–218.
7. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 44 с.
8. Яковлев А.П. Пожароопасность сосновых и лиственничных лесов // Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 195–212.
9. Isaev A.P., Kuznetsova L.V., Efimova A.P., Nikolin E.G., Ermakov N.B. Mountain Taiga // Troeva E.I., Isaev A.P., Cherosov M.M. and Karpov N.S. The Far North: Plant biodiversity and Ecology of Yakutia. Plant and Vegetation 3, Springer Science + Business Media B.V., 2010. – Vol. 3. – P. 187–193.

УДК 551.58

**КОЛЕБАНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА,
ПО ДАННЫМ Г. МАХАЧКАЛА/УЙТАШ В 1882–2015 ГГ.**¹Андреев С.С., ²Попова Е.С.¹ЧОУ ВО «Ростовский институт защиты предпринимателя», Ростов-на-Дону,

e-mail: rggmurd@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,

e-mail: espmeteo@yandex.ru

Температура воздуха – один из термодинамических параметров состояния атмосферы, важнейшая, интегральная характеристика погоды и климата, оказывающая прямое воздействие на окружающую среду. В данной работе выполнен анализ динамики многолетней среднегодовой температуры воздуха, по данным многолетних наблюдений на метеостанции Махачкала / Уйташ с 1882 по 2015 гг. Исследование временной изменчивости температурного режима за период более 30 лет позволит выявить тенденцию многолетнего хода среднегодовой температуры, а также оценить статистическую значимость результатов многолетних наблюдений. Построенный тренд (рис. 1, 2) позволяет сделать вывод о наблюдающемся, но статистически малозначимом увеличении среднегодовой температуры воздуха в рассматриваемом регионе за 135-летний период наблюдений. До настоящего времени не установлено, насколько сегодня резко возросший антропогенный фактор влияет на изменение климата. Комплекс климатических явлений, проявляющихся в результате взаимодействия природных сред Земли, – самый сложный и важнейший объект научных исследований, т.к. это среда обитания человечества. Сложность функционирования такой системы заключается в том, что важнейший компонент – биосфера – имеет нелинейную динамику биотических процессов, включая социально-экономическую составляющую при постоянном воздействии солнечной радиации, космических связей и многочисленных антропогенных факторов. Для статистического анализа динамики ряда многолетних наблюдений среднегодовой температуры воздуха выбран г. Махачкала, население которого в 1882 г. составляло около 8 тыс. чел. За исследуемый период население города увеличилось в 8 раз и составляет около 600 тыс. чел., появилось промышленное производство, и антропогенное давление на окружающую среду многократно возросло в сравнении с концом 19 и началом 20 веков. Однако вывод о преимущественном влиянии антропогенных факторов на современное изменение климата Махачкалы не подтвержден.

Ключевые слова: глобальный климат, глобальное повышение температуры воздуха, среднеглобальные значения приземной температуры воздуха и океана ПТВ и ПТО, г. Махачкала, Уйташ, антропогенные факторы

**FLUCTUATIONS IN MEAN ANNUAL AIR TEMPERATURE ACCORDING
MAKHACHKALA/UYTASH IN 1882–2015**¹Andreev S.S., ²Popova E.S.¹Private educational institution of higher education «The Rostov Institute of Protection of Businessman»,

Rostov-on-don, e-mail: rggmurd@yandex.ru;

²Federal state budgetary educational institution of higher professional education

«Don State Technical University», Rostov-on-don, e-mail: espmeteo@yandex.ru

Air temperature is one of the thermodynamic parameters of the atmosphere, the most important, integral feature of the weather and climate that have a direct impact on the environment. In this work the analysis of the dynamics of the multi-year mean annual air temperature is C, according to long-term observations at the meteorological station Makhachkala / Uytash from 1882 to 2015. The study of the temporal variability of the temperature regime for a period of more than 30 years allow to identify the trend of the multi-year progress in annual mean temperature and to assess the statistical significance of the results of many years observations. Built trend (Fig. 1, 2) allows to make a conclusion about the observed, but statistically insignificant increase in mean annual air temperature in this region over the 135 year period of observations. To date not set as of today, sharply increased anthropogenic factor impact on climate change. Complex climatic phenomena manifested in the interaction of the natural environments of the Earth, is the most difficult and most important object of research because it is the habitat of mankind. The complexity of the system is that, the most important component of the biosphere has a non-linear dynamics of biotic processes, including socio-economic component with constant exposure to solar radiation, cosmic connections and numerous anthropogenic factors. For statistical analysis of the dynamics of a number of long-term observations of mean annual air temperature is selected Makhachkala, whose population in 1882. was about 8 thousand persons During the study period, the population of the city increased 8-fold and amounts to about 600 thousand people, were industrial production and anthropogenic pressure on environment has increased manifold in comparison with the end of the 19th and the beginning of 20th. However, the conclusion about the predominant human influence on recent climate change Makhachkala is not confirmed.

Keywords: global climate, global temperature increase, global mean values of surface air temperature and ocean PTV and PTO, Makhachkala, Uytash, anthropogenic factors

Отрицать изменения климата сегодня не берется ни один ученый. Однако к изменениям климата за счет природных процессов добавились изменения, вызванные антропо-

генной деятельностью, оценка степени их влияния на климатическую систему планеты чрезвычайно актуальна. Температура воздуха – один из основных интегральных клима-

тических показателей, а изучение и анализ временной изменчивости температурного режима за период более 30 лет позволит диагностировать изменения климата.

Поэтому в последние десятилетия, становится весьма актуальным статистический анализ динамики рядов наблюдений многолетних метеорологических величин и температуры воздуха как интегрального климатического показателя. В работе проведен анализ временного ряда среднегодовой температуры воздуха, позволивший выявить тенденцию многолетнего хода среднегодовой температуры, а также оценить статистическую значимость результатов многолетних наблюдений на М Махачкала/Уйташ в 1882–2015 гг. На основании построенного тренда (рис. 1, 2) сделан вывод о наблюдающемся, но статистически малозначимом увеличении среднегодовой температуры воздуха в рассматриваемом регионе для всего 135-летнего периода наблюдений.

Если говорить об изменении *погодных* условий Земли, можно отметить, что за последние десятилетия происходят их существенные изменения, выражающиеся, прежде всего, в росте температуры воздуха в приземном слое многих регионов мира.

Но не следует забывать, что при анализе *климатических* изменений исходными данными служат временные ряды, содержащие значения метеорологических величин за промежутки времени не менее 30–50 лет с применением климатологической обработки рядов, базирующейся на представлении о случайном характере метеорологических величин, с использованием методов математической статистики [5].

С течением времени климат любой территории подвергается изменениям, происходящим под влиянием не только естественных, но и антропогенных причин. Резкое увеличение объемов сжигаемого топлива значительно увеличивает объем углекислого газа, поступающего в атмосферу и накапливающегося в ней, стимулируя парниковый эффект (т.е. существенно изменяя поля температуры воздуха) [7].

Изменения абсолютных значений температуры и степень этих изменений представляют собой важные параметры, характеризующие возможные последствия изменений климата планеты.

По мнению мирового научного сообщества, глобальная проблема Человечества в третьем тысячелетии – сохранение жизни и здоровья человека в условиях ухудшения среды обитания.

Проведенные Вторая конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), а затем два глобальных форума («Рио+5», Нью-Йорк (1997) и «Рио+10», Йоханнесбург (2002), Копенгагенское соглашение (2009), Соглашения в Дурбане (2011), COP 20 в Лиме (2014), COP 21 в Париже), призванные объединить усилия Человечества по улучшению состояния окружающей среды, не принесли ожидаемых результатов, провалилась попытка разработки «Хартии Земли», как концептуального документа (была принята достаточно неконкретная и расплывчатая «Декларация Рио»), но зато было привлечено внимание общественности и правительств к проблемам глобальных изменений и устойчивого развития Человечества. На сегодняшний день наиболее актуальны и привлекают внимание три проблемы глобальных изменений окружающей среды:

1) изменение климата (глобальное потепление);

2) глобальная динамика стратосферного слоя озона;

3) замкнутость глобальных биогеохимических процессов, т.е. концепция биотической регуляции окружающей среды [12].

Но несмотря на очевидность и убедительные доказательства приоритетности именно третьей проблемы и подчиненность ей двух первых, глобальные форумы выдвигают на передний план проблему «глобального потепления». Хотя очевидна и не требует доказательств последовательность событий: социально-экономическое развитие → антропогенное воздействие на биосферу → последствия антропогенного воздействия для окружающей среды. Состоявшаяся (декабрь 1997 г.) в г. Киото третья Конференция, где приняло участие более 160 государств, после продолжительных и напряженных дискуссий приняла рекомендации для развивающихся стран о сокращении выбросов CO₂ в атмосферу. К.Я. Кондратьев и др. [11, 12] убедительно доказывают, что такое сокращение практически не окажет влияния на глобальный климат.

Реальный же интерес, безусловно, представляют:

1) региональные и локальные изменения температуры и их статистические характеристики;

2) параметры климата, такие как тип и количество облачности, радиационный баланс, влажность воздуха, осадки, влажность почвы, атмосферные аэрозоли и др.

Принято считать, что внезапные колебания и изменения отдельных параметров климата, зачастую вызывающие катастрофические последствия для биоты, вызваны внешними воздействиями на климатическую систему, однако, имея в виду нелинейность природы, можно обоснованно предположить, что такие колебания и изменения возможны и под влиянием самой природной среды. Инерция процессов в океане может достигать столетий и даже тысячелетий, порождая (за счет воздействия «океан – атмосфера») природообусловленные изменения в тех же масштабах времени.

Жизнь на планете существует и процветает около четырех миллиардов лет. За это время колебания температуры приземного слоя воздуха и, как следствие, климата были радикальными, от ледникового периода, длившегося 10 000 лет, до эпохи стремительного потепления. И с каждым изменением неопределенное число видов жизненных форм выживало и развивалось, а другие просто вымирали.

В настоящее время многие эксперты считают: выброс в атмосферу продуктов цивилизации в форме парниковых газов задержал достаточно отраженного от земной поверхности тепла, чтобы средняя температура у поверхности Земли повысилась на $0,6^{\circ}\text{C}$ в течение XX столетия. И если такое направление современной индустрии сохранится, то климатическая система глобально изменится, спровоцировав таяние льдов, повышение уровня Мирового океана, уничтожение растений засухами, превращение местностей в пустыни, перемещение зеленых зон [1, 2]. Но не все так просто: климат на планете зависит от очень многих факторов, взаимодействующих по отдельности друг с другом и в комплексе, которые сегодня еще не до конца изучены [14].

Еще в 1995 г. Международная конференция по проблеме изменения климата сделала вывод, что «многие доказательства свидетельствуют о влиянии человечества на глобальный климат, и влияние это весьма ощутимо». Но объем влияния, как отмечают специалисты, неизвестен, и не определен ключевой фактор. Вероятно, необходим не один десяток лет или больше для исследования и исключения этих неопределенностей. На основании анализа климатических данных с конца XIX века по 1940 г. отмечено потепление во всем Северном полушарии. Величина превышения средней многолетней годовой температуры воздуха составила $0,6^{\circ}\text{C}$. Затем (после

1940 г. до середины 60-х гг. XX века) зафиксировано похолодание на $0,4^{\circ}\text{C}$, сменившееся новым потеплением, продолжающимся в настоящее время. Иными словами, сейчас мы примерно на полпути между холодом малого ледникового периода XIV–XIX вв. и теплом малого климатического оптимума VIII–XIV вв. Современная наука позволяет наблюдать и регистрировать огромные потоки тепла, океанской воды, воздуха, атмосферных осадков и т.д., не замечая при этом составляющие механизмов саморегуляции климатической системы Земли, значительно меньших в сравнении с наблюдаемыми потоками, но существенно влияющих на функционирование системы в целом [3, 4].

По расчетам специалистов NOAA, в XX столетии средняя глобальная температура росла со скоростью $0,6^{\circ}\text{C}/100$ лет, а за последние 25 лет рост температуры увеличился и составляет сейчас $1,7^{\circ}\text{C}/100$ лет.

В монографии К. Эссекса и Р. Маккирика «Захваченные бурей. Обеспокоенная наука, экологическая политика и политика глобального потепления» [13, 15] отмечено: «парадоксально, но факт, что парниковый эффект атмосферы не функционирует подобно обычному парниковому эффекту». Утверждение же о том, что на Земле происходит наблюдаемое потепление – бесспорно, однако его оценка, в большинстве случаев, весьма субъективна. Понятие среднеглобальных значений приземной температуры воздуха (ПТВ) абстрактно и некорректно, как средняя температура пациента в лечебном учреждении. Такая величина, как «глобальная температура», всего лишь статистическая характеристика. Реальный же интерес, безусловно, представляют региональные и локальные изменения температуры и их статистические характеристики. Сравнив данные, приводимые Л.С. Бергом [8], и данные климатических наблюдений по тем же пунктам на 1990 г. (выборка сделана автором, среднегодовые температуры воздуха сведены в таблицу), можно сделать обоснованный вывод о тенденции к увеличению значений среднегодовых температур.

Для оценки изменения среднегодовых температур в XXI веке, необходимо иметь осредненные данные минимум за период в 30 лет, т.е. с 1991 по 2021 гг. [9, 10].

Данные, приведенные в таблице, подтверждают тенденцию роста средних годовых температур, однако примитивно понимаемое понятие глобального потепления, как повсеместного повышения температу-

ры, усиливающегося с широтой местности, весьма спорно. Вот почему актуальны достоверные данные об антропогенном влиянии как факторе, способствующем смещению климатической системы в сторону порогового уровня, т.е. повышению вероятности внезапных изменений климата (учитывая при этом, что изменения обусловлены не только антропогенными факторами). Наиболее спорный вывод о преимущественном влиянии антропогенных факторов на современное изменение климата основывается главным образом на анализе совместных данных о ПТВ и ПТО (приземной температуры воздуха и океана) и вековом ходе среднеглобальной среднегодовой температуры (ССТ) на уровне подстилающей поверхности. Но здесь сразу же встает вопрос о достоверности данных ССТ, так как в течение столетних наблюдений за температурой воздуха использовались стеклянные термометры с неоднократно менявшимися устройствами защиты от прямой солнечной радиации и ветра, следовательно, и ряды наблюдений нельзя считать однородными (анализ сравнительных наблюдений за ПТВ, проведенных термометрами с разными типами защиты, показал, что различия в наблюдениях достигают нескольких десятых долей градуса, т.е. $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$).

Главными причинами противоречивости исследований современного климата являются неадекватность имеющегося глобального архива данных наблюдений, отсутствие параметризации интерактивной динамики биотических и социально-экономических процессов, отсутствие обоснований и верификации к моделям климатических систем. Наложение разнопорядковых периодических и непериодических процессов в эколого-климатической системе планеты зачастую приводит к их интерференции, резко увеличивая вероятность резонансов, проявляющихся в виде катастроф, недостаточная изученность эволюции этих процессов не дают возможности построе-

ния теории климата с высокой предсказываемостью.

Климатическая норма температуры представляет собой среднее многолетнее значение, рассчитанное, в соответствии с требованиями ВМО, не менее чем за 30-летний период. Если оно за год не превышает $0,4$ градуса, то год считается в пределах нормы. Холодный год, если отклонение по модулю больше $0,4$, но меньше $0,7$ градуса. При отклонении более $0,7$ градусов год считается очень холодным. Те же критерии и для положительных отклонений: от $0,4$ до $0,7$ – теплый год, больше $0,7$ – очень теплый [14].

Для статистического анализа динамики ряда многолетних наблюдений среднегодовой температуры воздуха выбран г. Махачкала. В 1844 г. было заложено укрепление Петровское, в 1857 г. оно получило статус города и название Петровск (нынешняя Махачкала), в 1870 были построены искусственная гавань и порт. Первым промышленным предприятием города был построенный в 1876 г. пивоваренный завод, а в 1878 г. начала работать первая типография и построены две табачные фабрики. В конце XIX и начале XX веков началось интенсивное развитие города, построена железная дорога, а к 1897 г. население города превышало $8,7$ тыс. человек.

Сегодня Махачкала – это крупнейший город российского Северного Кавказа и одноименного федерального округа, культурный, экономический и научный центр Юга России.

Промышленные предприятия города специализируются на выпуске оборонной, лесной, металлоперерабатывающей, электронной, рыбоперерабатывающей и другой продукции. Здесь размещаются Дагестанский научный центр РАН, около 20 отраслевых научно-исследовательских институтов. Население города увеличилось в 8 раз и составляет около 600 тыс. чел. Антропогенное давление на окружающую среду значительно возросло за исследуемый период.

Значения среднегодовых температур воздуха ($^{\circ}\text{C}$)

Пункт наблюдений	1887–1934 гг.	1935–1990 гг. Разн.	Разн....
Архангельск	+ 0,9	+ 1,0	+0,1
Онега	+ 1,5	+ 1,5	+0
Казань	+ 3,2	+ 3,65	+0,45
	1888–1960 гг.	1960–1990 гг.	
Ростов-на-Дону ГМО	+ 8,7	+ 8,9	+0,2
Астрахань ГМО	+ 9,4	+ 9,5	+0,1



Рис. 1. Многолетний ход среднегодовой температуры воздуха С Махачкала/Уйташ 1950–2015 гг. [6, 10]



Рис. 2. Многолетний ход среднегодовой температуры воздуха С Махачкала/Уйташ 1882–1950 гг. [9]

Махачкала расположена близ предгорий Большого Кавказа, на узкой полосе низменной равнины западного побережья Каспийского моря между горой Тарки – Тау и морем, которая в далеком прошлом называлась «дагестанским коридором».

Климат города Махачкала умеренный континентальный. Среднегодовая температура воздуха +12,2 градуса. Лето жаркое, средняя температура летних месяцев 23,6 градуса, дневная максимальная температура до +36–38 градусов. Зима очень мягкая. Средняя температура 1,7 градуса, а ночью опускается ниже нуля. Осадков выпадает 410–450 мм в год, относительная влажность за год около 70% (зимой до 80%), а в июле и августе около 50%. В летние месяцы бывает максимальное число ясных дней. Продолжительность летнего периода (с температурой выше +15 градусов) составляет

150 дней, начало приходится на 11 мая, последний летний день 7 октября. Ветры преобладают юго-восточные и северо-западные.

Накопленные за 135 лет наблюдений уникальные данные позволили изучить температурный режим южной приморской части Терско-Сулакской низменности. Причем расположение метеорологической площадки станции в течение 66 лет на вершине холма и в течение 69 лет в низине дало возможность получить достаточно объективные данные.

Авторы, используя архив средних годовых температур воздуха (архив СК УГМС, климатические справочники), обработав их и построив графики (рис. 1, 2), выполнили анализ хода и межгодовой изменчивости приземного воздуха среднегодовых температур за 135 лет (1882–2015 гг.) на метеорологической станции Уйташ (Махачкала).

Мнения научного сообщества о текущем состоянии климата существенно расходятся, а число дискутируемых вопросов со временем растет. В связи с этим предпринятый анализ был направлен, прежде всего, на получение независимой оценки. Суть полученных основных результатов состоит в следующем:

- начавшийся с середины XIX века процесс роста средней глобальной температуры воздуха продолжается, однако примитивно понимаемое понятие глобального потепления, как повсеместного повышения температуры, усиливающегося с широтой местности, весьма спорно;

- для оценки изменения среднегодовых температур в XXI веке необходимо иметь осредненные данные минимум за период в 30 лет, т.е. с 1991 по 2021 гг.;

- анализ рядов наблюдений за температурой воздуха на метеостанции Махачкала (Уйташ) с 1882 по 2015 гг. и построенные графики многолетнего хода дали положительный тренд, т.е. средняя годовая температура воздуха за более чем столетний период возросла на 0,2–0,4 °C (при погрешности измерений $\pm 0,2$ °C);

- такая же тенденция роста температуры и по данным наблюдений на М Дербент (0,3 °C);

- потепление, наблюдаемое на территории Дагестана за более чем столетний период, составляет около 0,3 °C и не может быть ни подтверждением, ни отрицанием регионального потепления;

- вывод о преимущественном влиянии антропогенных факторов на современное изменение климата Махачкалы не подтвержден.

Список литературы

1. Андреев С.С. Глобальный климат: реалии и современное состояние научных исследований // Материалы научной экологической конференции «Экологические проблемы, взгляд в будущее» РГУ. – Изд-во РГУ, 2004. – 3 с.
2. Андреев С.С. Состояние научных исследований глобального климата // Материалы научной Всероссийской интернет-конференции «Современные проблемы экологии и безопасности». – Тула: Тульский гос. университет, 2004. – 2 с.
3. Андреев С.С. Реалии и научные исследования причин изменения климата // Материалы Международной конференции «Изменения климата и окружающая среда». – СПб.: «Гранд», 2005. – 2 с.
4. Андреев С.С. К вопросу о глобальном потеплении // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2007. – № 2. – С. 101–103.
5. ВМО-№ 100 Руководство по климатологической практике // Издание. – 2014. – С. 81.
6. Архивные материалы Росгидромета // Метеорология и гидрология 1930–2010 гг.
7. Будыко М.И. и др. Предстоящие изменения климата // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1992. – № 4. – С. 36–52.
8. Берг Л.С. Вопрос об изменении климата в историческую эпоху // Природа. – 2010. – № 9. – С. 78–82.
9. Климатологический справочник СССР // Температура воздуха. – Гидрометеиздат, 1956. – Выпуск 15, Часть 1. – 219 с.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР: сер. 3. Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат, 1990, ч. 1–6, вып. 13. – 450 с.
11. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата // Причины и следствия. – Минск: Изд. Тетра Системс, 2008. – 496 с.
12. Кондратьев К.Я. Изменения глобального климата // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 6. – С. 118–125.
13. Маккитрик Р. Тренды в данных о температуре воздуха, полученные с учетом внутренне обусловленной корреляции // Известия Русского географического общества. – 2002. – Т. 134, вып. 1. – С. 16–24.
14. Переведенцев Ю.П. Теория климата. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2004. – 320 с.
15. Essex C., McKittrick R. Taken by Storm. The Troubled Science, Policy and Politics of Global Warming. – Toronto, Key Porter Books, 2002. – 320 p.

УДК 551.345.1

ВЫДЕЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ИХ ОСТРОВНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПО ТЕПЛОВЫМ КАНАЛАМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT-7 ETM+

^{1,2}Борисов Б.З., ¹Фёдоров П.П., ¹Чикидов И.И., ^{1,3}Десяткин А.Р.¹ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск, e-mail: bzborisov@mail.ru;²ФГАОУ «Северо-Восточный федеральный университет», Якутск, e-mail: bzborisov@mail.ru;³ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова», СО РАН, Якутск,
e-mail: desyatkinar@rambler.ru

В статье предложен способ выделения участков многолетнемерзлых пород (ММП) островного распространения по тепловым каналам спутника Landsat-7. Предлагаемый метод основан на том факте, что в данной зоне, в условиях четвертичных отложений, ММП образуются только под развитым мохово-лишайниковым слоем, который выступает мощным теплоизолятором, позволяющим сохранить отрицательную температуру грунтов в летний период. Участки с ММП обладают высоким тепловым альбедо, хорошо контрастирующим с окружающими их участками с немерзлыми породами. В ходе наших исследований было выявлено, что такие участки хорошо выделяются по 6 и 7 тепловому каналу спутниковых снимков LANDSAT-7 ETM+, отражающих тепловое излучение в диапазоне от 2 до 12 мкм. На основе расчетных данных, спутниковые снимки легко трансформируются в ГИС в растровые карты путем классификации на основе пороговых значений теплового альбедо.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, зона островной мерзлоты, дешифрирование, ДДЗЗ, ГИС

ISOLATION OF PERMAFROST IN THE AREA OF THEIR SPORADIC DISTRIBUTION USING THERMAL CHANNELS OF LANDSAT-7 ETM + SATELLITE IMAGES

^{1,2}Borisov B.Z., ¹Fedorov P.P., ¹Chikidov I.I., ^{1,3}Desyatkin A.R.¹Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: bzborisov@mail.ru;²North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: bzborisov@mail.ru;³Permafrost Research Institute n.a. P.I. Melnikov, SB RAS, Yakutsk, e-mail: desyatkinar@rambler.ru

This paper proposes a method for allocating of sporadic permafrost areas using the Infrared channel of Landsat-7 satellite. The proposed method is based on the fact that in this area, on the Quaternary sediments, sporadic permafrost is formed only under thick moss and lichen layer, which is a strong insulator, allowing to keep a negative soil temperature in summer. Duty of it, these areas with sporadic permafrost have a high thermal albedo, which contrasts well with the surrounding non permafrost landscapes. This research found that such sites are well allocated by thermal channels (#6 and 7) of LANDSAT-7 ETM + satellite images which reflecting the thermal radiation in the range of 2 to 12 μm . In GIS, satellite images are easily transformed into raster maps by classification based on thermal albedo thresholds.

Keywords: permafrost, sporadic permafrost zone, satellite image interpretation, remote sensing, GIS

Большая часть России располагается в зоне распространения многолетнемерзлых пород (далее ММП), занимающих более 60% территории страны. Наибольшее распространение ММП имеют в Сибири и на Дальнем Востоке, где в последние 50 лет происходит активное развитие центров добычи углеводородного сырья. В частности, на территории Юго-Западной Якутии с начала XXI века быстрыми темпами идет процесс освоения нефтегазовых месторождений, сырье с которых транспортируется по нефтепроводу «Восточная Сибирь – Тихий Океан» (ВСТО) и газопроводу «Сила Сибири». Технические сооружения добычи и транспортировки нефтегазового сырья на территории России большей частью построены в зоне распространения ММП. Строитель-

ство технических объектов, в особенности линейных, на ММП сопряжено с большими трудностями, которые вызваны криогенными процессами. Если в зоне сплошного распространения ММП стоит задача в изучении льдистости мерзлых грунтов, от которой зависят многие технические характеристики, то в зоне островной мерзлоты особую актуальность получает проблема выявления «островов» ММП.

В настоящее время в изучении геологических процессов (к которым относится и распространение ММП) все большую популярность набирает ГИС-анализ данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Из широкого спектра ДДЗЗ наиболее эффективными являются снимки, полученные с помощью искусственных

спутников Земли. В данной статье описан метод выявления островной мерзлоты посредством анализа многоканальных спутниковых снимков Landsat-7.

Материалы и методы исследования

По схеме геоморфологического районирования Якутии район исследований располагается в южной части Среднесибирского плато, на Приленском платоном закарстовом плато [8]. Географически район располагается в междуречье между левыми притоками р. Лены – Нюя и Пеледуй. В пределах Нюйско-Пеледуйского водораздела ММП имеют островное распространение, под заболоченными, затененными и замшелыми участками, на нижних частях склонов ручьев, их днищ и логов. Большая часть исследуемой территории сложена тальми породами со среднегодовыми температурами, близкими к нулю или +1,0 °С. Среднегодовая температура ММП изменяется от 0 до –1,0 °С. Мощность сезонно-талого слоя в зависимости от местоположения изменяется от 1,5 до 2,5 м, а сезонно-мерзлого – 20 – 2,5 до 3,5 м, а максимальная мощность непосредственно ММП достигает 40 м. В небольших речных долинах и затененных депрессиях рельефа возможно развитие повторно-жильных льдов, на глубине до 5–10 м [1–3].

Район входит в Восточно-Сибирскую подобласть светлохвойных лесов Евразийской хвойно-лесной области, в пределах Южноякутской подпровинции Олекмо-Якутской провинции области бореальных лесов. В лесном покрове преобладают лиственничники из лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii*) и сибирской (*Larix sibirica*), на втором месте по распространенности стоят сосновые леса (*Pinus sylvestris*), площади других формаций незначительны. Преобладающие лиственничники характеризуются наличием многолетнемерзлых грунтов в подстилающих породах, что обусловлено характером развития подчиненных ярусов растительности, в особенности развитого мохового покрова, и достаточно высокой сомкнутостью крон древостоя (0,6–0,8). Сосновые леса занимают верхушки грив возвышений рельефа, образуя как чистые, так и смешанные древостои на хорошо прогреваемых грунтах без выраженных многолетнемерзлых пород [7].

Многолетнемерзлые породы в районе исследований развиты на затененных склонах с развитыми травяно-кустарничковым и мохово-лишайниковыми ярусами. О криогенном характере ландшафта

свидетельствуют заболоченные маревые комплексы с вейниково-осоковым кочкарником и сфагново-зеленомошным покровом мощностью более 10 см, ерником и угнетенным редкостойным и рединным елово-лиственничным лесом. Помимо этого ММП маркируются по развитию мелкобугристого и среднебугристого микрорельефа, а также отдельных дифференцированных бугров пучения высотой до 1,0 и поперечником 2–3 м.

В качестве основного пространственного материала нами были использованы спутниковые снимки LANDSAT-7. Выбор данного типа ДДЗ обусловлен их доступностью, наличием большого количества тепловых каналов (табл. 1). Кроме этого, данные LANDSAT-7 широко используются в научных и прикладных исследованиях для создания карт ландшафтов и растительности. В качестве инструмента на борту спутника LANDSAT-7 выступает прибор ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), который ведет сбор данных в 8-спектральных каналах (табл. 1). В работе было использовано два снимка 15 июля 2000 года, и 12 августа 2011 года. Эти снимки были получены с ресурса GLCF-NASA в формате GeoTIFF и представляли растровые изображения, где спектральные характеристики представлены в 8-битовом формате (диапазон значений от 0 до 255).

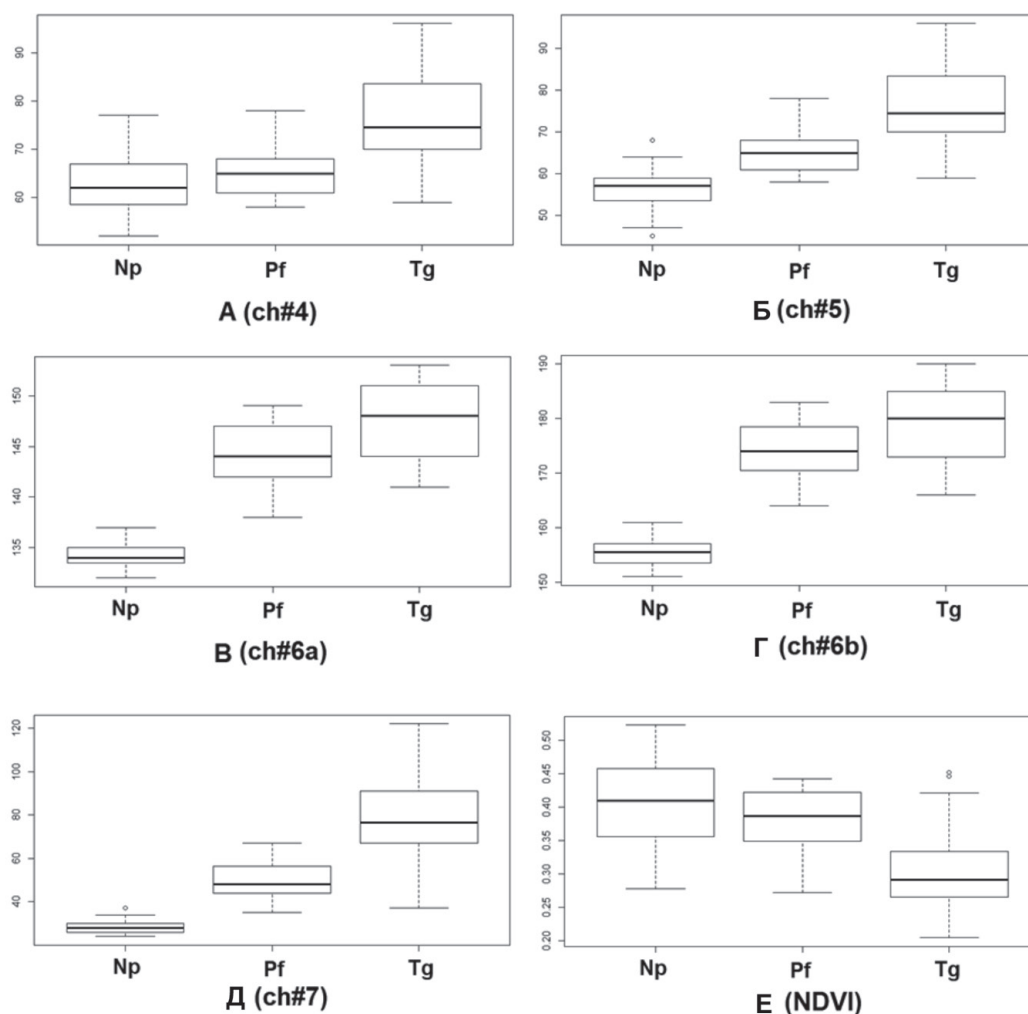
Для анализа мы использовали все тепловые каналы Landsat-7 (табл. 1): 4, 5, 6, 7. Так как 6 канал представлен двумя слоями 6a и 6b, мы использовали их как два отдельных канала, для упрощения расчетов.

Комплексные ландшафтно-геоботанические полевые работы проводились в летний период 2016 года (последняя декада июля), они заключались в заложении пробных площадок, где были проведены полные почвенно-геоботанические описания согласно общепринятым методикам.

В ходе полевых исследований на 24 пробных площадках из 80 было зафиксировано наличие ММП. ММП приурочены к следующим растительным сообществам: 1) верховые сфагновые болота; 2) ерники моховые; 3) лиственничные, еловые и сосновые зеленомошные редколесья; 4) сфагновые лиственничные редины. Данные растительные сообщества объединяет развитый моховой покров – в редколесьях сыроватых и сырых местообитаний преобладают *Pleurozium schreberi*, *Aulacomnium palustre*, *Hylocomium splendens*, с широким участием видов рода *Sphagnum sp.* Мощность мохового покрова варьируется от 10 до 30 см.

Основные характеристики спектральных каналов Landsat-7 ETM+

Номер канала	Диапазон спектра (мкм)	Разрешение (м/пиксель)	Название	Код
1	0,45–0,515	30	Голубой	–
2	0,525–0,605	30	Зеленый	–
3	0,63–0,69	30	Красный	–
4	0,775–0,90	30	Ближний инфракрасный	ch#4
5	1,55–1,75	30	Средний (коротковолновый) инфракрасный	ch#5
6	10,40–12,5	60	Длинноволновый инфракрасный (тепловой)	ch#6a, ch#6b
7	2,09–2,35	30	Средний (коротковолновый) инфракрасный	ch#7
8	0,525–0,90	15	Панхроматический (4,3,2)	–



Графики распределения спектральных яркостей и значений NDVI для немерзлых растительных сообществ (Np), мерзлых (Pf) и техногенных участков (Tg) на различных каналах спутникового снимка Landsat-7 ETM

Географические координаты точек сбора полевого материала были зафиксированы с помощью приемников GPS (система координат WGS-84) с последующим переносом данных в ГИС в точечный shp-файл с помощью программы ArcGIS 10.1.© (Redlands, USA). Так как описания техногенных участков, лишенных растительно-почвенного покрова, не проводились, точки на этих участках ставились уже в ГИС-программе. Далее в программе ArcGIS 10.1 в этот точечный слой были извлечены значения спектральной яркости тепловых каналов спутника Landsat-7. По атрибутивной информации точки были разделены на три группы: к первой группе отнесли те точки описаний, на которых были обнаружены ММП, они получили литеру – Pf (Permafrost) (n = 24). Вторая группа – точки описаний, где ММП не были обнаружены, – Np (Nonpermafrost) (n = 32). Третья группа – это точки, поставленные в границах техногенных участков – Tg (Technogenic) (n = 24). Площадь района исследований составила ~2000 км², координаты центральной точки 59.78N и 110.95E.

Векторизация технических объектов (площадки, дороги, газо- и нефтепроводы, ЛЭП) проводилась с использованием 8-го, панхроматического канала LANDSAT-7 с помощью программы ArcGIS 10.1, с созданием полигонального shp-файла. Статическая обработка данных с построением диаграмм «box-plot» была произведена в программе R.

Анализ информации извлеченной с тепловых каналов LANDSAT-7 показал, что разброс значений спектральной яркости по 4 каналу (ch#4) (рисунок, А) точек с ММП (Pf) фактически соответствует разбросу для точек без ММП (Np). Это происходит потому, что ближний ИК-диапазон, который фиксирует четвертый канал LANDSAT-7, активно отражается зелеными органами растений. Спектральная яркость техногенных объектов (Tg) отличается от них, но при этом минимальные значения близки к разбросу значений точек с растительным покровом.

Расхождения данных сильнее проявляются на 5 канале (ch#5) (рисунок, Б). Здесь мы наблюдаем, что

значения нижних и верхних квартилей не накладываются друг на друга, но минимальные и максимальные значения точек с ММП (Pf) и без них (Nr) все равно перекрываются между собой. По всей видимости, часть тепловых волн из этого диапазона так же или участвует в фотосинтезе или же усваивается растениями, но уже в значительно меньшей степени, чем волны из ближнего ИК-диапазона. Распределение значений точек с техногенных объектов (Tg) практически сходно с распределением по 5 каналу.

Самые хорошие результаты получаются при сравнении спектральной яркости 6а (рисунок, В), 6б (рисунок, Г) и 7 каналов (рисунок, Д). На графиках наглядно видно, что разброс данных точек Nr не перекрывается с разбросом данных точек Pf и Tg. Наибольшие различия наблюдаются по 6б каналу, здесь разница между максимальными данными Nr отличается от минимальных значений Pf на 5 единиц спектральной яркости, то есть на 2% (рисунок, Г). Тем самым в данном тепловом диапазоне (6 и 7 канал) происходит значительное отражение тепловых волн от участков с ММП и от лишенных растительности техногенных.

Для интерпретации наших данных в картографический формат мы провели классификацию растровых слоев (каналов) спутникового снимка Landsat-7. Цель данного анализа – выделение трех классов ландшафтов: 1) не мерзлотных; 2) мерзлотных и 3) техногенных. Для отделения мерзлотных ландшафтов и техногенных участков от не мерзлотных ландшафтов были использованы пороговые значения разброса данных (рисунок): 137 для 6а канала; 162 для 6б канала; 38 для 7 канала. Сравнение полученных результатов показало высокий уровень сходности – более 92%. Для отделения мерзлотных ландшафтов от техногенных участков использовалась векторная слой-маска, созданная по 8 каналу. Попытка использования раstra нормализованного вегетационного индекса NDVI, созданного на основе пересчета 3 и 4 канала Landsat, себя не оправдала. Мы предполагали, что участки, имеющие значения менее 0,32 (рисунок) должны быть выделены как лишенные растительного покрова техногенные участки, но из-за низкого пространственного разрешения данных Landsat в 3 и 4 каналах (30 м на пиксель) линейные объекты и небольшие площадки не выделялись.

Классификация по трем каналам (6а, 6б и 7) спутникового снимка Landsat показала, что площадь мерзлотных ландшафтов в районе исследований составляет 334 км², или ~17% от всей площади района исследований, что соответствует ранее опубликованным работам [2–4].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенное исследование наглядно демонстрирует, что теплоизолирующие свойства мохового слоя хорошо видны на тепловых каналах спутниковых снимков Landsat-7, в диапазоне от 2 до 12 мкм (6-е и 7-е каналы). Высокое тепловое альbedo способствует возникновению и сохранению под моховым слоем ММП. В ближнем ИК-диапазоне, с длиной волны от 0,775 до 1,75 мкм, невозможно выделить ММП, так как разница между растительными сообще-

ствами с ММП и без них, несущественна (рисунок, А). Расчетные данные можно легко трансформировать в растровые карты путем классификации, где основой классификации служат пороговые значения теплового альbedo.

Если сравнить результаты нашего исследования с другими, в которых используются ДДЗЗ для изучения ММП, то можно выделить два основных направления:

1. Использование ДДЗЗ высокого и среднего разрешения для определения изменения береговой линии озер и других водоемов в ходе оттайки ММП [6]. В этих работах часто используются чисто визуальная оценка и векторизация контуров водоемов в ГИС по видимым каналам, с частичным использованием каналов ближнего ИК-диапазона.

2. ДДЗЗ выступает как пространственная основа для создания ландшафтных и геоботанических карт, по которым уже дают оценку распространенности ММП [9]. То есть каждому типу растительности соответствуют свои характеристики ММП, которые выявляются в ходе полевых наблюдений.

Наша работа, в сущности, относится ко второму направлению, так как мы выделяем растительность на ММП. Но в то же время, присутствие ММП не зависит от видов доминантов и от типа растительности. Главное условие – это наличие мощного теплоизолирующего слоя (мохово-лишайникового на торфях), на это указывают и другие авторы [4, 5]. Наше исследование основано на интерпретации физических свойств растительного покрова, когда основным дешифрирующим признаком является высокое тепловое альbedo в диапазоне от 2 до 12 мкм. Схожие результаты в ранее опубликованных работах мы не нашли.

Расчет границ потенциального залегания островных ММП по этой методике позволит без полевых исследований, уже на стадии предварительного проектирования, рассчитывать маршруты прокладки линейных сооружений (газо-, нефтепроводы, дороги, ЛЭП) с наименьшим пересечением мерзлотных ландшафтов, тем самым уменьшив затраты на дальнейшее их строительство и содержание, лишив их опасности быть подверженными криогенными процессами в ходе прогнозируемого потепления климата на земле.

Работа выполнена в рамках выполнения госзадания ИБПК СО РАН на 2017–2020 по теме «Выявление обратимых и необратимых изменений почв и почвенного покрова мерзлотной области, характера

естественных и антропогенных экологических процессов и разработка фундаментальных основ охраны почв и почвенного покрова криолитозоны в условиях возрастающего антропогенного прессы и глобальных изменений», рег. номер № АААА-А17-117020110059-1.

Список литературы

1. Биякова В.И. Распространение и условия залегания вечной мерзлоты. Отчет Ленского отряда ЯНИМС Ин-та мерзлотоведения АН СССР. – Якутск, 1952. – 152 с.
2. Готовцев С.П., Васильев И.С. Научно-технический отчет: Мерзлотно-ландшафтные условия трубопроводной системы ВСТО (участок 712–772 км), фонды Ин-та мерзлотоведения СО РАН. – Якутск, 2006. – 99 с.
3. Граве Н.А. Вечная мерзлота в долинах рек юго-западной части Средне-Сибирского плоскогорья. – Труды Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, 1952.
4. Мощанский В.А., Мулина А.В. Некоторые данные о строении верхней части многолетнемерзлой толщи в пределах Лено-Вилуйского водораздела // Мерзлотные исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – Вып. 2. – С. 115–128.
5. Назаров Г.И. К вопросу о распространении многолетнемерзлых пород на водоразделе Нижней и Подкаменной Тунгусок и в бассейне р. Нюи. – Труды Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, 1959. – С. 74–78.
6. Полищук Ю.М., Богданов А.Н. Зоны активного термокарста на территории многолетней мерзлоты и их выявление по космическим снимкам // Известия ТПУ. – 2015. – № 12. – С. 104–114.
7. Чикидов И.И. Характеристика лесного покрова западной части Ленского района Республики Саха (Якутия) // Наука и образование. – 2016. – № 3(83). – С. 101–107.
8. Якутия / Природные условия и естественные ресурсы СССР. – М.: Изд. «Наука», 1965. – 104 с.
9. Zhang Y., Olthof I., Fraser R., Wolfe S.A. A new approach to mapping permafrost and change incorporating uncertainties in ground conditions and climate projections // The Cryosphere. – 2014. – № 8. – P. 2177–2194.

УДК 504.062.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЯКУТИИ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

¹Бурцева Е.И., ²Петрова А.Н.¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Финансово-Экономический институт», Якутск, e-mail: burtseva1999@mail.ru;²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Институт естественных наук», Якутск, e-mail: al9@mail.ru

Северные территории Якутии богаты минеральными ресурсами, здесь сосредоточены месторождения олова, золота, алмазов, редкоземельных металлов, нефти и газа. Промышленное освоение арктической зоны началось в годы Второй мировой войны с разработки Эсэ-Хайского рудного месторождения олова. Сегодня добываются алмазы, олово, золото, сурьма, в перспективе – добыча редкоземельных металлов, освоение богатейших нефтегазовых месторождений морского шельфа. Природа Севера чувствительна к техногенным воздействиям, и негативные последствия промышленного освоения северных территорий в советский период до сих пор остаются одной из главных экологических проблем. Особый вклад в ухудшение экологической ситуации внесли подземные ядерные взрывы «Горизонт-4», «Кристалл», «Кратон-3», два последних из них официально признаны «аварийными» с выбросами радионуклидов на дневную поверхность. Одной из современных экологических проблем являются последствия потепления климата. Современное потепление климата началось в Якутии с середины 1960-х годов. Повышение среднегодовой температуры воздуха на территории субарктической зоны Якутии за 1966–2015 гг. составляет: в Черском (Нижнеколымский район) 3,1°, Чокурдах (Аллаиховский район) 2,4°, в Юбилейной (Усть-Янский район) 2,0°, Тикси (Булунский район) 1,9°, Саскылыхе (Анабарский район) 1,7°. С потеплением климата в арктических районах связано увеличение вероятности наводнений. Наиболее острыми экологическими проблемами арктических и северных территорий на сегодняшний день являются: а) проблемы нарушенных земель и их рекультивация; б) ликвидация нанесенного ущерба прошлых лет; в) увеличение частоты и масштабов наводнений р. Колыма в результате потепления климата.

Ключевые слова: Север, Арктика, месторождения, промышленное освоение, загрязнение, потепление климата, наводнения

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE NORTHERN YAKUTIA IN THE INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND GLOBAL WARMING

¹Burtseva E.I., ²Petrova A.N.¹M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Financial economical Institute, Yakutsk, e-mail: burtseva1999@mail.ru;²M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Institute of Natural Science, Yakutsk, e-mail: al9@mail.ru

The northern territory of Yakutia is rich in mineral resources, there are concentrated deposits of tin, gold, diamonds, rare earth elements, oil and gas. Industrial development of the Arctic zone began during the Second World War, with the development of Ese-Hayskogo tin ore field. Today here is mine diamonds, tin, gold, antimony, in the long term – mining of rare earth metals, the development of the richest oil and gas fields of the sea shelf. Thin-skinned nature of the North is very tender to the man-made influences and negative effects of the industrial development of the northern territories in the Soviet period are still one of the main environmental problems. A special contribution to the environmental degradation brought underground nuclear explosions «Horizon-4», «Crystal», «Kraton-3», the last two of them are officially recognized as «emergency» with the release of radionuclides to the surface. One of modern environmental problems are the consequences of global warming. The modern warming began in Yakutia since the mid-1960s. Increasing the average annual air temperature in the territory of the subarctic zone of Yakutia for 1966–2015 it is: in Chersky (Nizhnekolymsky area) 3,1 °C; Chokurdakh (Allaikhovskiy area) 2,4 °C; in the Jubilee (Ust-Jansky area) 2,0 °C; Tiksi (Bulunsky area) 1,9 °C; Saskylyhe (Anabar area) 1,7 °C. Climate warming in the arctic areas related increase the chance of flooding. The most expired environmental problems of the Arctic and northern areas today are: a) the problem of disturbed land and they reclaiming; b) the elimination of the damage of past years; c) as a result of climate warming, the increasing in the frequency and magnitude of floods in Kolyma river.

Keywords: North, Arctic region, field, industrial development, pollution, global warming, floods

Понятие «Север» включает Арктику, Субарктику, лесотундровую полосу, северную светлехвойную редкостойную тайгу, часть светлехвойной средней тайги с участием темнохвойных пород. В мировой географической практике понятие «Север» имеет

три смысловые нагрузки: 1) относительное местоположение, 2) направление, 3) высокоширотная часть Земного шара, для которой характерны специфические сезонные и суточные ритмы, а также ультрафиолетовый дефицит, обусловленные астрономическими

факторами. В качестве южной границы Севера принимают шестидесятую параллель – широту Санкт-Петербурга, – на которой перечисленные северные широтные факторы проявляют себя в достаточной мере [6].

Глобальная природная роль Севера огромна для экологического равновесия Северного полушария. Арктика является одним из районов глобальных атмосферных процессов на планете, регулятором содержания кислорода, метана, районом стока многих химических соединений и пр. Не менее важна также роль бореальных лесов, которые выполняют важную средообразующую (климато- и водорегулирующую, защитную и пр.) функцию в биосфере. Север слабо заселен, здесь имеются огромные площади с неразрушенной природной средой, ценность которых адекватно растёт с угрозой возможной глобальной экологической катастрофы, что усиливает экологическую роль Севера в сохранении биосферного резервата России и земного шара в целом.

На текущий момент в состав Арктической зоны Якутии входят пять районов (улусов): Аллаиховский; Анабарский; Булунский; Нижнеколымский; Усть-Янский. Вопрос о включении восьми северных районов Якутии (Абыйского, Верхнеколымского, Верхоянского, Жиганского, Момского, Оленекского, Среднеколымского и Эвено-Бытантайского) в состав Арктической зоны согласован с правительством РФ, но еще не утвержден. Таким образом, к арктической и северной зоне в республике отнесены 13 районов, из них 4 улуса (района) – Анабарский национальный (долгано-эвенкийский, Жиганский эвенкийский национальный, Оленекский эвенкийский национальный, Эвено-Бытантайский национальный – наделены статусом «Национальный административно-территориальный улус (район)», где проживают компактно коренные малочисленные народы Севера. В арктической и северной зоне проживают более 70 000 человек, из них 20 000 человек являются коренными малочисленными народами Севера (эвены, эвенки, юкагиры, чукчи, долганы).

Цель. Оценка последствий промышленного освоения северных территорий и глобального потепления климата.

Материалы и методы исследования

Для оценки современного состояния атмосферного воздуха и водных объектов проанализированы 2 показателя за 2001–2010 гг.: выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы загрязняющих веществ в водные объекты. Источники:

1. Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия): стат. сб. / Федер. служба гос. статистики по Респ. Саха (Якутия) – Якутск, – 1970, 1980, 1990, 2000–2010. – Якутский край, 2011. – 704 с.

2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2014 году / Правительство Респ. Саха (Якутия), М-во охраны природы Респ. Саха (Якутия). – <http://old.sakha.gov.ru/node/529>.

Загрязнение земной поверхности производственными отходами, нанесенное в советский период, проанализировано по литературным источникам. Для выявления последствий глобального потепления в арктических районах использованы данные Росгидромета: тренды температуры и годовых сумм осадков за период 1976–2012 гг.

Для оценки экологических последствий промышленного освоения и потепления климата использованы историко-географический, статистический методы, метод интегральной оценки состояния окружающей среды. Для интегральной оценки состояния окружающей среды (антропогенная нагрузка, загрязнение окружающей среды, состояние здоровья населения, устойчивость природных комплексов к техногенным воздействиям) Е.И. Бурцевой [2] был рекомендован универсальный количественный показатель – доля признака в процентах в оцениваемой системе параметров. Это – индекс напряженности фактора (ИНФ), который представляет собой отклонение от среднего состояния объекта в относительных величинах. Сущность методического подхода заключается в приведении показателей с различной единицей измерения в единую количественно сопоставимую систему с использованием этого индекса, который определяется по формуле:

$$\text{ИНФ}_i = \frac{a_i}{M},$$

где a_i – абсолютное значение i -го показателя;
 M – абсолютное среднее значение совокупности показателей.

Результаты исследования и их обсуждение

Последствия промышленного освоения. Промышленное освоение арктических и северных районов на территории Якутии началось с освоения месторождений олова: в 1941 – Эсе-Хайское в Верхоянском районе, в 1951 г. открылся прииск «Депутатский» в Усть-Янском районе. В 1960-х годах началась разработка месторождений алмазов: карьер «Айхал» (1961) в Мирнинском районе и золота – в низовьях р. Яны: прииск «Кулар» (1963) в Усть-Янском районе [2].

В арктической зоне Республики Саха (Якутия) сегодня действуют компании ООО «Восток инжиниринг», АК «АЛРОСА» (ПАО), ОАО «Роснефть», ОАО «Алмазы Анабара», ОАО «Нижне-Ленское». При этом Север в связи с высокой ранимостью, низкой ассимиляционной и самоочищающей способностью, распространением многолетней мерзлоты обладает низкой устой-

чивостью к техногенным воздействиям. В результате 75-летнего техногенного пресса на арктической и северной территориях Якутии в результате деятельности промышленных объектов сложилась неблагоприятная экологическая ситуация. Источниками загрязнения окружающей среды до сих пор остаются последствия промышленного освоения Арктики советских времен:

1. Нарушенные земли горнодобывающей промышленности.

2. Объекты ликвидированных предприятий олово-, золото горнодобывающей промышленности (хвостохранилища):

- Депутатский ЦОФ (Усть-Янский район);

- Куларская ЗИФ (Усть-Янский район);
- Батагайское хвостохранилище (Верхоянский район).

3. Арктическое побережье: заброшенные метеостанции (Булунский и Нижнеколымский улусы).

4. Арктическое побережье (острова Котельный и Большой Ляховский): аэродромные площадки воинской части Министерства обороны РФ.

По всему побережью северных морей разбросаны отходы прошлых лет: различные производственные и бытовые отходы действовавших предприятий и геологоразведочных работ, россыпи ржавых бочек и пр.

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по арктическим и северным районам

Административный район (улус)	Выбросы (среднее за 2001–2010 гг.), т.	ИНФ	Выбросы	
			Шкала ранжирования	Степень загрязнения
Эвено-Бытантайский	148,20	0,03	< 0,4	Низкая
Оленекский	315,63	0,06		
Аллайховский	390,00	0,08		
Жиганский	574,90	0,12		
Момский	810,43	0,17		
Анабарский	846,70	0,17		
Абыйский	923,10	0,19		
Среднеколымский	1369,80	0,28		
Булунский	2279,90	0,47	0,41–0,99	Пониженная
Нижнеколымский	2832,00	0,58		
В-Колымский	3257,60	0,67		
У-Янский	4116,90	0,84		
Верхоянский	6810,90	1,40	1,00–1,99	Средняя

Таблица 2

Сбросы загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы по арктическим и северным районам

Наименование улусов	Сбросы (среднее за 2001–2010 гг.), млн м³	И.Н.Ф.	Сбросы	
			Шкала ранжирования	Степень загрязнения
Оленекский	0,00	0,00	< 0,2	Низкая
Среднеколымский	0,00	0,00		
Э-Бытантайский	0,00	0,00		
Момский	0,02	0,00		
Жиганский	0,1	0,02		
Аллайховский	0,27	0,04		
Абыйский	0,27	0,04		
В-Колымский	0,66	0,10		
Нижнеколымский	0,96	0,15		
У-Янский	1,14	0,17		
Анабарский	1,60	0,24	0,21–0,4	Пониженная
Булунский	1,81	0,27		
Верхоянский	1,96	0,30		

Наиболее информативными индикаторами загрязнения окружающей среды на конкретных территориях являются выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты. В табл. 1 представлен ранжированный ряд выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по арктическим и северным районам. Для проанализированных районов низкий уровень загрязнения атмосферного воздуха характерен для 8 северных районов, пониженный – для 4 районов, в основном арктических – (Нижнеколымский, Усть-Янский, Булунский) средний уровень представлен 1 северным районом – Верхоянским.

В табл. 2 представлен ранжированный ряд загрязняющих веществ в водные объекты по арктическим и северным районам.

Анализ загрязнения водных объектов показал, что по показателю сбросов загрязняющих веществ в поверхностные воды степень загрязнения в исследованных территориях характеризуется низким и пониженным уровнем, что объясняется (как и по загрязнению атмосферы) ликвидацией многих источников загрязнения в постсоветское время. Однако несмотря на сокращение источников загрязнения, в целом арктическое побережье остается одним из экологически неблагополучных районов России.

На сегодняшний день наиболее острая проблема в экологическом отношении стоит с загрязнением поверхностных вод. Состояние в реках Ленского бассейна оценивается 4 классом загрязнения (грязная). В 2014 г. качество воды залива Неелова (дельта р. Лена) оценивалось 3-м классом разряда «а» («загрязненная»). По комплексу основных загрязняющих веществ вода бассейна рек, впадающих в Северный Ледовитый океан, соответствует: Яна – «грязная», Анабар у с. Саскылах – «очень загрязненная»; Индигирка – «грязная»; Колыма и Оленек – «загрязненная» [5].

Особую роль в загрязнении окружающей среды играют последствия подземных ядерных взрывов (ПЯВ, проведенных в Северной Якутии: «Кристалл» (1974 г., в 2,5 км от г. Удачный), «Горизонт-4» (1975 г., в 120 км от пос. Тикси), «Кратон-3» (1978 г., в 39 км от пос. Айхал). ПЯВ «Кристалл» и «Кратон-3» были официально признаны «аварийными» с выбросами радионуклидов на дневную поверхность. ПЯВ «Горизонт-4» по результатам современного обследования почв, грунтов, растительности, подземных вод, проведенного Б.Н. Голубовым и В.Е. Ушницким в 2005 г., могли

сопровождаться аварийным выбросом продуктов взрыва в атмосферу [4].

Негативные последствия глобального потепления. Современное потепление климата началось в Якутии в середине-конце 1960-х годов и происходило повсеместно, но с различной интенсивностью. По данным Ю.Б. Скачкова [8], который проанализировал метеорологические данные в последние 50 лет, повышение среднегодовой температуры воздуха на территории субарктической зоны Якутии за 1966–2015 гг. составляет: в Черском (Нижнеколымский район) 3,1 °, Чокурдах (Аллаиховский район) 2,4 °; в Юбилейной (Усть-Янский район) 2,0 °; Тикси (Булунский район) 1,9 °; Саскылахе (Анабарский район) 1,7 °.

Главной экологической проблемой населения Нижнеколымского района считается увеличение частоты и масштабов наводнений. В последние годы поселки Андрюшкино, Колымский и Походский Нижнеколымского района почти каждый год стали подтапливаться. Например, в 2007 г. в Нижнеколымском районе был введен режим чрезвычайной ситуации в связи с подтоплением ряда объектов в селе Андрюшкино из-за разлива р. Алазея. В 2014 г. (3–7 июня) на реке Колыма произошло катастрофическое наводнение. В Верхнеколымском районе были затоплены пос. Зырянка и с. Верхнеколымск, в связи с чем пострадало 1 903 человек, затоплено 177 дворовых территорий и взлетно-посадочная полоса аэропорта [7].

Одной из главных причин возникновения наводнений являются современные изменения климата, в первую очередь повышение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков. По данным Росгидромета, локальные оценки трендов температуры положительны практически по всей территории и в целом для России уверенно указывают на продолжающееся потепление [3]. Тренд годовых сумм осадков за период 1976–2012 гг. на большей части территории России также положителен, особенное значение имеет тот факт, что в целом за период 1976–2010 гг. увеличилась повторяемость выпадения интенсивных осадков [3].

Для оценки потепления климата в арктической и субарктической зоне Якутии были проанализированы данные суточной температуры воздуха и количества осадков за 1976–2014 гг. метеостанций Оленек, Тикси, Чокурдах и Среднеколымск. Источник: специализированные климатические массивы данных ВНИИГМИ-МЦД [1].

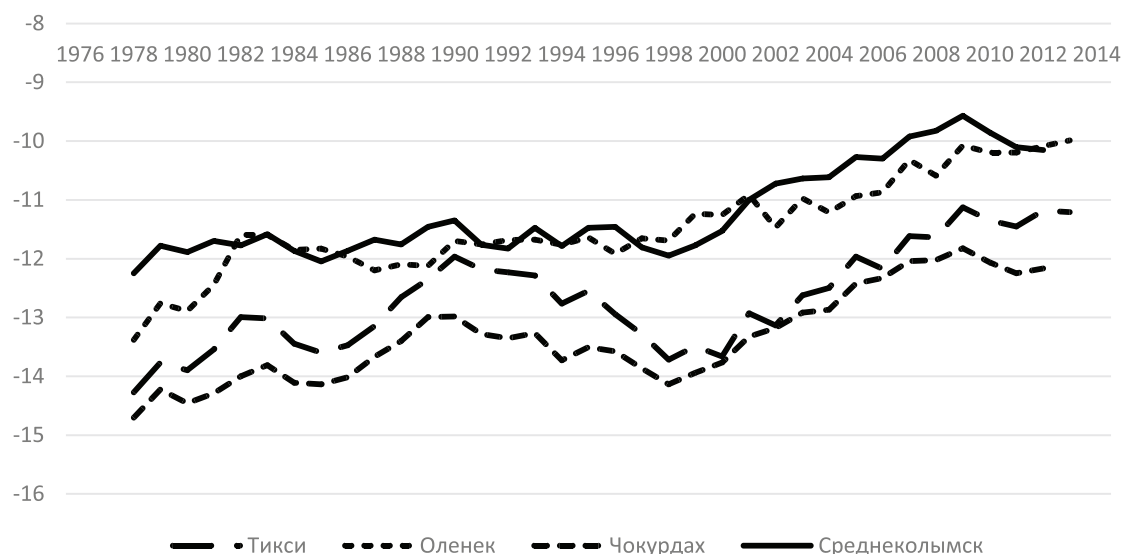


Рис. 1. Скользящие средние (5-летние) годовые температуры воздуха за 1976–2014 гг.

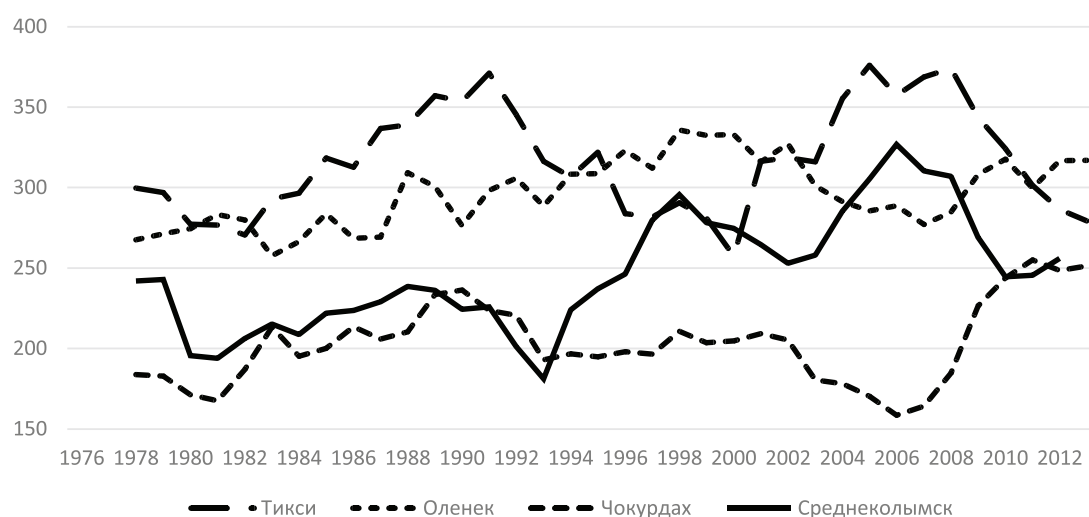


Рис. 2. Скользящие средние (5-летние) годовые количества осадков (мм) за 1976–2014 гг.

Изменение температурного режима оказывает влияние практически на все метеорологические параметры. Наблюдается следующая закономерность: с повышением температуры воздушных масс в них растет и количество водяного пара. В результате увеличивается количество и интенсивность осадков. Анализ среднегодовой температуры воздуха (рис. 1) и количества атмосферных осадков (рис. 2) по станциям Оленек, Тикси, Среднеколымск и Чокурдах за 1976–2014 гг. показывает, что в целом для арктической зоны Якутии характерен выраженный тренд повышения температуры

воздуха и увеличение количества атмосферных осадков.

Наблюдаемое повышение температуры оказывает значительное влияние на гидрологический режим, способствуя увеличению вероятности наводнений и деградации многолетнемерзлых пород. При этом возможный экономический ущерб связан не только с повреждением жилых и промышленных зданий и сооружений, объектов инфраструктуры, но и с тем, что при расконсервации складированных в многолетней мерзлоте источников локальных загрязнений в водные объекты могут по-

пасть опасные для жизни человека вещества. Это риск появления эпидемий особо опасных инфекционных заболеваний, таких, как оспа, холера, проказа, сибирская язва и другие, источниками которых могут стать захоронения животных и людей, погибших от этих болезней в XVII–XIX веках и захороненных в слое многолетней мерзлоты.

Выводы

1. Наиболее острыми экологическими проблемами арктических и северных территорий на сегодняшний день являются:

- проблемы нарушенных земель и их рекультивация;
- ликвидация нанесенного ущерба прошлых лет;
- загрязнение окружающей среды.

2. Увеличение частоты и масштабов наводнений р. Колыма можно объяснить прежде всего потеплением климата: повышением среднегодовой температуры воздуха и количеством выпадающих осадков.

Работа выполнена в рамках Программы «Комплексные научные исследования в Республике Саха (Якутия)», направленные на развитие ее производительных сил и социальной сферы в 2016–2020 гг.».

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ проекта № 17-02-00214 «Разработка методологии оценки ущерба коренным малочисленным народам

Севера при промышленном освоении территории традиционного природопользования».

Список литературы

1. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (TTTR) [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 19.12.2016).
2. Бурцева Е.И. Геоэкологические аспекты развития Якутии. / Е.И. Бурцева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 270 с.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Офиц. сайт]. – URL: http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/htm/ (дата обращения: 19.12.2016).
4. Голубов Б.Н., Ушницкий В.Е. Новые данные о радиационных и длительных геодинамических последствиях подземного ядерного взрыва «Гоизонт-4» (Кряж Чекановского, Якутия) / Б.Н. Голубов, В.Е. Ушницкий // Вестник НЯЦ РК. – 2008. – вып. 1(33). – С. 33–43.
5. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2014 году / Правительство Респ. Саха (Якутия), М-во охраны природы Респ. Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.sakha.gov.ru/node/5297> (дата обращения: 15.12.2016).
6. Жуков М.А. Борьба за «Север», или долгая дорога к здравому смыслу / М.А. Жуков // Наука и образование. – 2005. – № 4(40). – С. 141–145.
7. Паводок в Якутии: река Колыма затопила взлетно-посадочную полосу поселка Зырянка [Электронный ресурс]. – URL: <http://trud-ost.ru/?p=281676> (дата обращения: 10.01.2017).
8. Скачков Ю.Б. Динамика изменения среднегодовой температуры воздуха в Республике Саха (Якутия) за последние 50 лет // Матер-лы IX межд. Симпозиума «Баланс углерода, воды и энергии и климат бореальных и арктических регионов с особым акцентом на Восточную Азию», 1–4 ноября 2016 г. – Якутск, С. 208–211.

УДК 550.4:556.3.01

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ТРЕБОВАНИЯМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**Гонтарев М.В., Малов А.И.***ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики» РАН,
Архангельск, e-mail: MKL9879@yandex.ru*

Оптимизация мероприятий по защите источников питьевого водоснабжения, содержащих повышенные количества радионуклидов, должна включать их ежегодный химический и радиационный контроль, а также гигиеническую оценку на соответствие качества подземных вод требованиям действующих государственных национальных и международных стандартов. В России суммарная альфа-активность питьевых и минеральных вод не должна быть выше 0,2 Бк/л. Мониторинг качества подземных вод выявил повышение суммарной альфа-активности изотопов урана до 0,7–1,2 Бк/л на пяти скважинах, расположенных в пределах территории Северо-Двинской впадины Мезенской синеклизы. Повышенная альфа-активность связана с расположением скважин вблизи восстановительного барьера в водоносном горизонте, на котором уран длительное время осаждался из подземных вод. При эксплуатации скважин в прифильтровой зоне создается окислительная обстановка, и сорбированный на частицах породы уран переходит в воду. При этом скорость его перехода в 3–4 раза выше, чем при непосредственном растворении пород. Однако оценочные расчеты показали, что эти воды можно использовать при условии ежегодного мониторинга их радиоизотопного состава.

Ключевые слова: альфа-активность, изотопы урана, минеральные воды, радиационная безопасность, Северо-Двинская впадина, уровень вмешательства

ASSESSMENT OF MINERAL WATER CONFORMITY TO RADIATION SAFETY REQUIREMENTS**Gontarev M.V., Malov A.I.***Institute of Geodynamics and Geology of the Federal Center for Integrated Arctic Research RAS,
Arkhangelsk, e-mail: MKL9879@yandex.ru*

Optimization of protective measures of sources of drinking water supply containing increased amounts of radionuclides should include their annual chemical and radiation monitoring, as well as hygienic assessment for compliance of groundwater quality with the requirements of existing national and international standards. In Russia, the total alpha activity of drinking and mineral waters should not be higher than 0,2 Bq/l. Monitoring of groundwater quality revealed an increase in the total alpha activity of uranium isotopes to 0,7–1,2 Bq/l in five wells located within the territory of the North Dvina depression of the Mezen syncline. Increased alpha activity is associated with the location of wells near the reducing barrier in the aquifer where uranium has been deposited for a long time from groundwater. When wells are operating, an oxidizing environment is produced in the zone near the filter of the boreholes and uranium is transferred to the water from particle surface of rock. In this case, the rate of its transition is 3–4 times higher than in the case of direct dissolution of rocks. However, calculations have shown that these waters can be used provided that their radioisotope composition is monitored annually.

Keywords: alpha-activity, uranium isotopes, mineral waters, radiation safety, Northern-Dvina depression, level of intervention

Исследование альфа- (α) активности минеральных подземных вод необходимо для оценки возможности их использования в бальнеологических целях.

По рекомендации Всемирной организации здравоохранения концентрация урана в питьевой воде не должна превышать 30 мкг/л ($\sim 0,37$ Бк/л), активность ^{234}U – 1 Бк/л [14]. В соответствии с Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 и СП 2.6.1.1292-2003 [1] объёмная суммарная α -активность воды не должна превышать 0,2 Бк/л. В случаях превышения этой величины необходимы дополнительные исследования радиоизотопного состава, включающие предварительную оценку минеральных подземных вод на соответствие требованиям радиационной безопасности.

Согласно нормам вода признается безусловно соответствующей требованиям радиационной безопасности, если показатель $\text{SUM}(A_i/\text{УВ}_i) \leq 1$, где A_i – удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/кг; УВ_i – соответствующий уровень вмешательства для i -го радионуклида. Если при совместном присутствии в воде действующих источников питьевого водоснабжения для нескольких природных радионуклидов это условие превышено не более чем в 10 раз, то вода признается соответствующей требованиям радиационной безопасности при обязательном установлении производственного контроля за содержанием основных радионуклидов в воде.

Нами выполнена оценка возможности использования минеральных вод Севе-

ро-Двинской впадины, эксплуатируемых 17 скважинами и двумя источниками, на основании определений в воде α -активностей чётных изотопов урана (^{238}U ; ^{234}U), УВ для них составляют 3,0 и 2,8 Бк/кг [3, с. 181; 4].

Цель исследования: оценить соответствие минеральных вод Северо-Двинской впадины требованиям радиационной безопасности.

Материалы и методы исследования

Методика полевых исследований включает измерение основных физико-химических параметров воды, опробование и радиохимическую подготовку воды. Определения температуры (t в $^{\circ}\text{C}$), реакции среды (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh в мВ), общей минерализации (TDS в г/л), кислорода (O_2 в мг/л) подземных вод производились непосредственно на самоизливающихся, реже – эксплуатируемых погружными насосами скважинах и источниках с использованием полевой экспресс-лаборатории Hanna Instruments с неопределенностью 0,1 $^{\circ}\text{C}$, 0,05 единиц pH, 2%, 2%, 0,1 мг/л, соответственно. Пробы воды для определения ее химического состава фильтровали через фильтрующую насадку Миллекс, диаметр пор 0,45 мкм. Пробы на главные элементы и микроэлементы подкисляли 70% ОХЧ HNO_3 . Радиохимическая подготовка минеральных подземных вод включала осаждение радионуклидов на специально подготовленный активированный уголь марки БАУ-А из водных проб объемом 20 литров.

Альфа-спектрометрия с определением изотопов ^{234}U , ^{238}U выполнялась в лаборатории экологической радиологии Института геодиники и геологии ФГБУН ФИЦКИА РАН, Архангельск в соответствии с методикой ВИМС [7]. Согласно данной методике последовательно выполняется комплекс радиохимических операций, в их числе: переведение навески пробы в раствор; выделение α -активных радиогенных элементов уран-ториевых рядов, с применением индикатора ^{232}U ; отделение от мешающих радионуклидов; приготовление электролитическим способом препарата счётного образца и его последующее электролитическое осаждение на подложку из коррозионно-стойкой нержавеющей стали. Спектрометрическое детектирование α -активных частиц осуществлялось с использованием альфа-спектрометра «Прогресс-альфа». Неопределенность измерений на приборе до 7–20%. Определение α - и β -активных радионуклидов полония-210 и свинца-210 (^{210}Po и ^{210}Pb) проводилось в соответствии с методикой [8]. Содержание урана (в мкг/л) определялось масс-спектрометрическим анализом с индуктивно связанной плазмой без предварительного концентрирования (ICP-MS) на приборе Agilent 7500 в лаборатории LMTG, Toulouse, France. Неопределенность измерений 2%. Щёлочность (HCO_3^- в мг/л) подземных вод устанавливалась методом потенциометрического титрования соляной кислотой на автоматизированном титраторе Metrohm 716 DMS Titrino с использованием Gran method с пределом обнаружения до 10^{-5} М и неопределенностью при $\geq 0,5$ ммоль/кг 1–3%, при $< 0,5$ ммоль/кг 7%.

Таблица 1

Результаты исследований физико-химического состава минеральных подземных вод Северо-Двинской впадины за 2012–2014 гг.

Скважина/*источник (ID Водопункта)	Номер пробы	Глубина, метры	pH	Eh, мВ	t , $^{\circ}\text{C}$	TDS, г/л	O_2 , мг/л	HCO_3^- , мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Беломорье-2 (B2)	A-13-12	200–400	8,1	– 80	6,9	19,2	0	42,7
27 км а/д (27km)	A-34-12	200–400	7,2	– 23	5,9	15,7	1,1	56,4
Лазурный-5 (L5)	A-6-12	200–400	8,3	Н.с.	Н.с.	15,2	Н.с.	Н.с.
Вождорма (Wo)	A-7-12	56–85	7,7	– 124	5,3	13,4	0	133
Лазурный-6 (L6)	A-5-12	80–120	8,4	– 182	Н.с.	9,1	Н.с.	Н.с.
Новодвинск (No)	A-19-14	56–85	8,3	– 82	6,8	10,1	1,2	34,8
Беломорье-1 (B1)	A-12-12	87–120	7,7	– 38	5,7	8,4	1,2	255
Мироново (Mi)	A-8-12	80–120	7,8	– 25	5,5	5,3	0	106
Матигоры-М (Mm)	A-10-12	23–33	7,8	Н.с.	Н.с.	4,4	Н.с.	Н.с.
*Куртяево 2-юг (Kss)	A-17-12	0,1	7,8	– 40	4,3	3,9	0	435
*Куртяево 2-св (Ks)	A-18-12	0,1	8,5	– 137	4,6	3,3	0	567
Куртяево-1 (Kw)	A-16-12	60–70	8,2	– 72	5,0	3,2	0,2	642
Куртяево-2 (Kw2)	A-26-13	60–70	8,1	– 216	Н.с.	2,7	Н.с.	1068
Матигоры-К (Mk)	A-11-12	23–33	8,2	Н.с.	Н.с.	0,678	Н.с.	Н.с.
Ильино (Il)	A-9-12	10–20	7,8	Н.с.	Н.с.	0,463	Н.с.	322
Илес (Is)	A-14-12	25–35	7,6	– 116	5,3	0,253	0	181
Чидвозеро (Ch)	A-19-12	80–120	8,2	– 129	4,9	0,251	1,4	177
Лесное-1 (Le)	A-15-12	60–70	8,2	– 24	5,0	0,209	6	159
Лесное-2 (Le2)	A-2-12	60–70	8,0	– 34	5,0	0,220	5,6	186,05

Результаты исследований и их обсуждение

В общих случаях повышение радиологической активности может определяться более высокими концентрациями урана в водовмещающих отложениях [4, 6, 9, 14]. Однако поддержание высоких концентраций изотопов урана в подземных водах регламентируется окислительно-восстановительными и кислотнo-щелочными условиями и содержанием карбонатов [10–13] (табл. 1).

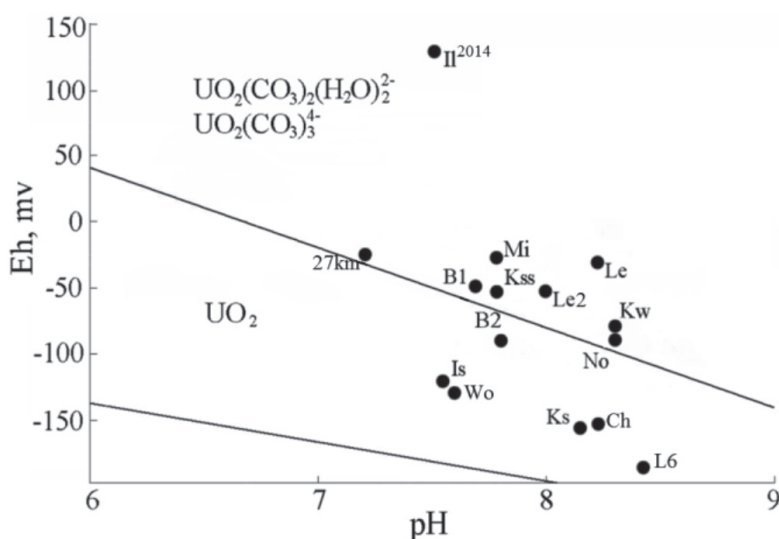
Анализ табл. 1 и измеренные α -активности основных дозообразующих радионуклидов, то есть ^{238}U , ^{234}U , показали, что их повышенные суммарные объёмные α -активности характерны для окислительных условий в водоносном горизонте ($E_h \geq -50$ мВ). В данных условиях уран находится в виде уранил-карбонатных комплексов в U^{6+} состоянии. При снижении $E_h < -50$ мВ уран восстанавливается до формы U^{4+} и осаждается в виде уранинита, при этом его концентрации в воде резко падают (рисунок).

Радиологические исследования показали (табл. 2), что измеренная в 2012–2014 гг. объёмная суммарная α -активность изотопов урана SUMA_i в минеральных подземных водах на скважинах Вождорма, Беломорье-1, Мироново, Матигоры-М, Куртяево-2 превышает нормативные требования НРБ-99/2009, СП 2.6.1.1292-2003 и МУ 2.6.1.1981-05. Повышенные активности приурочены к восстановительному барьеру в водоносном горизонте, на котором уран длительное время осаждался из подземных вод. Эксплуатация скважин привела к соз-

данию локальной зоны окислительных условий и переходу урана в раствор.

В соответствии с выявленными показателями SUMA_i и $\text{SUM}(\text{A}_i/\text{УВ})$ были выделены три группы (безопасные, малоопасные, повышенной опасности) минеральных подземных вод, отобранных с территории Северо-Двинской впадины, согласно характеристике «радиационная безопасность». По этому параметру все водопункты структурированы в табл. 3.

Суммарная объёмная α -активность чётных изотопов урана (Бк/л) или SUMA_i в минеральных водах на скважинах: Беломорье-1 (1,19), Вождорма (1,06), Мироново (0,66), Матигоры-М (0,70), Куртяево-2 (1,06) выше значения 0,2. В связи с этим вода со скважин по характеристике «радиационная безопасность» может быть отнесена к группам с малой и повышенной опасностью (соответственно) с интервалом значений 0,45–1,0 и более 1,0 Бк/л. Однако проверка тех же водопунктов на показатель SUMA_i с учётом УВ выявила его численные значения: Беломорье-1 (0,42), Вождорма (0,37), Мироново (0,23), Матигоры-М (0,25), Куртяево-2 (0,37), которые соответствуют интервалу 0,2–0,3 и 0,3–0,45 представленному в табл. 3 для показателя $\text{SUM}(\text{A}_i/\text{УВ}_i)$. Последние полученные значения согласно требованиям НРБ-99/2009 и СП 2.6.1.1292-2003 отвечают условию $\text{SUM}(\text{A}_i/\text{УВ}_i) \leq 1$. Следовательно подземные воды с этих скважин могут быть использованы в качестве минеральных в соответствии с их медико-терапевтическим назначением.



Уран в подземных водах Северо-Двинской впадины в различных Eh-pH состояниях

Таблица 2

Альфа-активность минеральных подземных вод Северо-Двинской впадины за 2012–2014 гг.

Скважина*/источник (ID Водопункта)	Номер пробы	Дата от- бора	³ Индекс	A _{238U} , Бк/дм ³	A _{238U} / УВ _{238U}	²³⁴ U / ²³⁸ U	A _{234U} , Бк/дм ³	A _{234U} / УВ _{234U}	¹ SUMA ₁ , Бк/л	² SUM (A ₁ /УВ ₁)	²³⁸ U, мкг/л
Беломорье-2 (B2)	A-13-12	09.12	Vmz	0,0044	0,00146	4,54	0,02	0,00714	0,0244	0,0086	0,35358
27 км а/д (27km)	A-34-12	09.12	Vmz	0,017	0,00567	4,92	0,08	0,02857	0,09	0,03424	1,36612
Лазурный-5 (L5)	A-6-12	09.12	Vpd	0,001	0,00034	6,25	0,006	0,00214	0,007	0,00248	0,08036
Вождорма (Wo)	A-7-12	09.12	Vpd	0,172	0,05734	5,17	0,89	0,31786	1,06	0,37520	13,82192
Лазурный-6 (L6)	A-5-12	08.12	Vpd	0,006	0,00200	6,53	0,04	0,01428	0,046	0,01628	0,48216
Новодвинск (No)	A-19-14	04.14	Vpd	0,00459	0,00153	6,72	0,03084	0,01101	0,03543	0,01254	0,36885
Беломорье-1 (B1)	A-12-12	09.12	Vpd	0,1893	0,06310	5,33	1,01	0,36071	1,1993	0,42381	15,21715
Мироново (Mi)	A-8-12	09.12	Vpd	0,1048	0,03493	5,39	0,56	0,20000	0,6648	0,23493	8,42138
Магитгоры-М (Mm)	A-10-12	09.12	Vpd	0,0901	0,03003	6,8	0,61	0,21786	0,7001	0,24789	7,24044
*Куртяево 2-юг (Kss)	A-17-12	09.12	fQIIIvd	0,0057	0,00190	5,26	0,03	0,01071	0,0357	0,01261	0,455756
*Куртяево 2-св (Ks)	A-18-12	09.12	fQIIIvd	0,011464	0,00382	2,62	0,03	0,01071	0,04146	0,01453	0,921305
Куртяево-1 (Kw)	A-16-12	09.12	Vpd	0,04455	0,01485	1,93	0,07	0,02500	0,11455	0,03985	3,58038
Куртяево-2 (Kw2)	A-26-13	09.13	Vpd	0,26008	0,08669	3,1	0,806	0,28786	1,06608	0,37455	20,8999
Магитгоры-К (Mk)	A-11-12	09.12	Vpd	0,0009	0,00030	5,24	0,005	0,00178	0,0059	0,00208	0,07322
Ильино (Il)	A-9-12	09.12	fQIIIvd	0,02925	0,00975	1,30	0,04	0,01428	0,06925	0,02403	2,35024
Илес (Is)	A-14-12	09.12	Vpd	0,00007	0,000023	3,06	0,0002	0,00007	0,00027	0,000093	0,0056252
Чидвозеро (Ch)	A-19-12	09.12	Vpd	0,00011	0,0000364	3,17	0,0003	0,00011	0,00041	0,000146	0,00884
Лесное-1 (Le)	A-15-12	09.12	Vpd	0,02119	0,00706	1,43	0,03	0,01071	0,05119	0,01777	1,70282
Лесное-2 (Le2)	A-2-12	03.12	Vpd	0,02028	0,00676	1,43	0,02907	0,01038	0,04935	0,01714	1,62971

Примечания: 1 – Показатель SUMA₁ в Бк/л – определяется суммированием активностей чётных изотопов урана ²³⁴U и ²³⁸U; 2 – Показатель SUM (A₁/УВ₁) устанавливается с учётом значений уровней вмешательства УВ (²³⁸U = 3,0; ²³⁴U = 2,8 Бк/кг); 3 – Вмещающие водоносный горизонт отложения: Vpd – алевриты и песчанники падуновской свиты венда, Vmz – алевриты мезенской свиты венда, fQIIIvd – песчано-гравийные флювиогляциальные отложения валдайского ледникового среднего плейстоцена [2].

Изучаемые минеральные воды находятся на фронте зоны пластового окисления. Под данным понятием подразумевается граница между областями с окислительными и восстановительными для U^{6+} условиями. К этой зоне приурочен особый тип минеральных вод с TDS в пределах 5–10 г/л. На правом берегу р. Северной Двины, где водоносный комплекс терригенных отложений венда залегает под карбонатно-терригенными породами среднего карбона (C_2), подземные воды имеют хлоридно-натриевый состав. В условиях перекрытия водоносного комплекса нижнекарбонными и верхнедевонскими загипсованными породами (C_1-D_3) на левом берегу реки, воды характеризуются сульфатно-хлоридно-натриевым и сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевым составами. При этом характерные значения Eh выше –50 мВ минеральных вод, указывают на окислительные условия в водоносном горизонте, где уран должен находиться в растворе (рис. 1). Поэтому концентрации урана в таком типе вод являются максимальными и в среднем составляют 8,3 мкг/л [3, 9].

В настоящее время существует необходимость определения в подземных водах и других радионуклидов: ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th с целью оценки их радиационной безопасности.

Стабильное присутствие в минеральной воде радионуклидов с суммарной альфа-активностью выше 0,2 Бк/л указывает на целесообразность осуществления оценки доз внутреннего облучения (ДВО) населения, а также разработки и осуществления соответствующих защитных мероприятий.

Пример предварительной оценки радиационной безопасности минеральной и пресной воды на водопунктах Беломорье-1 и Лесное

В 2016 году нами были отобраны пробы подземных вод на скважинах Беломорье-1 и Лесное с целью оценки ДВО за счет по-

требления этих вод. Полученные активности составляют (в Бк/дм³):

Беломорье-1: альфа-активные изотопы $^{238}U = 0,1305$; $^{234}U = 0,6907$; $^{226}Ra = 0,1101$; $^{232}Th = 0$; $^{210}Po = 0,0028$; бета-активные изотопы $^{210}Pb = 0,0012$ Бк/дм³. Общая альфа-активность: 0,9341 Бк/дм³.

Лесное: альфа-активные изотопы $^{238}U = 0,0120$; $^{234}U = 0,0173$; $^{226}Ra = 0,0561$; $^{232}Th = 0$; $^{210}Po = 0,0006$; бета-активные изотопы $^{210}Pb = 0,0019$ Бк/дм³. Общая альфа-активность: 0,086 Бк/дм³.

Результаты анализов 2016 года подтверждают, что условие: $SUM A_i \leq 0,2$ Бк/кг не выполняется для скважины Беломорье-1; однако условие $SUM(A_i/YB_i) \leq 1$ соблюдается:

$$SUM(A_i/YB_i) = \frac{^{238}U}{YB^{238}U} + \frac{^{234}U}{YB^{234}U} + \frac{^{210}Po}{YB^{210}Po} + \frac{^{226}Ra}{YB^{226}Ra} + \frac{^{232}Th}{YB^{232}Th} = 0,1305/3,0 + 0,6907/2,8 + 0,0028/0,11 + 0,1101/0,49 + 0/0,6 = 0,54.$$

Оценка дозы облучения населения (Е) за счёт потребления питьевой воды осуществляется согласно условию (1), полученному для величины стандартного потребления питьевой воды 730 кг/год. Согласно формуле определяется вклад всех природных радионуклидов в облучение населения за счёт потребления питьевой воды, кроме радона, и при Е выше 0,1 мЗв/год, рассматривается вопрос о целесообразности разработки и осуществления защитных мероприятий.

$$E = 10^3 \cdot \sum_i d_i \cdot M \cdot A_i, \quad (1)$$

где M – среднее годовое потребление питьевой воды, кг/год (730);

A_i – среднегодовое значение удельной активности i -го радионуклида в воде источников питьевого водоснабжения жителей населенного пункта (района и т.п.), Бк/кг;

d_i – дозовые коэффициенты, численные значения которых принимаются в соответствии с Приложениями 3а и 3б МУ 2.6.1.2713-10. 2.6.1, Зв/Бк.

Таблица 3

Радиационная безопасность минеральных подземных вод Северо-Двинской впадины

ID водопунктов	Интервал $SUM A_i$, Бк/л	Интервал $SUM(A_i/YB_i)$	Характеристика
L5, Mk, Is, Ch, 27km, B2, L6, No, Kss, Ks, Kw, Le, Le2, Il	0,0001–0,2	0,0001–0,2	Безопасные
Mm, Mi	0,45–1,0	от 0,2 до 0,3	Малоопасные
B1, Wo, Kw2	более 1,0	0,3–0,45	Повышенной опасности

Доза облучения населения по шести определенным изотопам за счёт потребления воды с двух скважин по формуле (1) составила:

$$\text{Беломорье-1: } E = 7,3 \cdot 10^5 (4,5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1305 + 3,4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,6907 + 6,9 \cdot 10^{-7} \cdot 0,00115 + 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00277 + 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot 0,11013 + 2,3 \cdot 10^{-7} \times 0) = 0,0315, \text{ мЗв/год;}$$

$$\text{Лесное: } E = 7,3 \cdot 10^5 (4,5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,0120 + 3,4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,0173 + 6,9 \cdot 10^{-7} \cdot 0,0019 + 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00057 + 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot 0,05607 + 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot 0) = 0,0133, \text{ мЗв/год.}$$

Таким образом, значение E для пресных и минеральных вод (соответственно равно 0,0133 и 0,0315 мЗв/год) отвечает норме 0,1 мЗв/год. Поэтому использование минеральных и пресных вод санатория Беломорье и скважины Лесное возможно без ограничений.

Заключение

1. В подземных минеральных водах зарегистрированы повышенные α -активности изотопов урана (в сумме до 0,7–1,2 Бк/л). Эти воды можно использовать, при условии дополнительного изучения их радиоизотопного состава.

2. Повышенные α -активности приурочены к восстановительному барьеру в водоносном горизонте, на котором уран длительное время осаждался из подземных вод.

3. Несмотря на превышение ПДК по α -активности, условие $\sum_i (A_i / U_{B_i}) \leq 1$ выполняется. В связи с этим доза облучения за счёт потребления питьевой воды даёт значение (E) меньше 0,1 мЗв/год. Поэтому воду этих скважин можно использовать для питья без ограничений.

4. Однако необходим ежегодный контроль радиологического состояния подземных вод Северо-Двинской впадины, используемых для водоснабжения и бальнеологических целей.

Список литературы

1. Бахур А.Е., Зуев Д.М. Радиационный контроль воды и новые НРБ-99/2009. Аппаратура и новости радиационных измерений. – 2009. – № 4. – С. 16–18.
2. Геология в развивающемся мире [Электронный ресурс]: сб. науч. тр. (по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. / отв. ред. Р.Р. Гильмутдинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: Полиграф-Сити, 2016. – Т. 2. – 582 с.: ил. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog_v_razv_mire_2016_2.pdf (дата обращения: 27.05.2017).
3. Малов А.И., Киселёв Г.П. Уран в подземных водах Мезенской синеклизы. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 238 с.
4. Малов А.И. Подземные воды Юго-Восточного Беломорья: формирование, роль в геологических процессах. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 234 с.
5. Малов А.И. О радиационной безопасности питьевых и минеральных вод Архангельской области // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы III Международной конференции, г. Томск, 23–27 июня 2009. – Томск: ТПУ, 2009. – С. 339–342.
6. Малов А.И., Гонтарев М.В., Зыкова Е.В. Радиоактивные изотопы в подземных водах Европейского Севера России и их индикаторное значение // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы V Международной конференции, г. Томск, 13–16 сентября 2016 г. – Томск: ТПУ, 2016. – С. 406–408.
7. Методика выполнения измерений объемной активности изотопов урана (234, 238) в пробах природных вод альфа-спектрометрическим методом с радиохимическим выделением: инструкция № 38-ЯФ. – М., 1999. – 17 с.
8. Методика выполнения измерений объемной активности полония-210 и свинца-210 в природных водах альфа-бета-радиометрическим методом с радиохимической подготовкой. Инструкция № 396 – ЯФ. – М.: ВИМС, 2001. – 17 с.
9. Многолетние изменения активностей изотопов урана в подземных водах венда Мезенской синеклизы / Малов А.И. [и др.] // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер. Естественные науки. – 2014. – № 2. – С. 23–31.
10. Чердынцев В.В. Об изотопном составе радиоэлементов в природных объектах в связи с вопросами геохронологии // Труды третьей сессии Комиссии по определению абс. возр. геол. форм. – М., 1955. – С. 175–233.
11. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы Земли. – М.: Научный мир, 2009. – 632 с.
12. Baskaran M. (ed.). Uranium, Thorium and Anthropogenic Radionuclides as Atmospheric Tracers // Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Advances in Isotope Geochemistry, Berlin Heidelberg. – 2011. – P. 601–611.
13. Hiscock K.M. (Kevin M.). Hydrogeology: principles and practice / Kevin M. Hiscock. – 2005. – 405 p.
14. Malov A.I. Estimation of uranium migration parameters in sandstone aquifers // J Environ. Radioactiv. – 2016. – Vol. 153. – P. 61–67. doi:10.1016/j.jenvrad.2015.11.006.
15. World Health Organization: Guidelines for Drinking-Water Quality. 4rd ed. Geneva. – 2011. – 564 p.

УДК 911.2:551.58

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СТЕПЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ**Дубынина С.С.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru*

В статье на основе многолетних наблюдений рассмотрена динамика микроклимата и запасов зеленой массы степных экосистем Юго-Восточного Забайкалья. Степи Забайкалья представляют основное хранилище растительного покрова и занимают обширную территорию, которую можно отнести к криоксерофитному центральноазиатскому варианту настоящих степей. Климатические условия разных лет наблюдений значительно отличались друг от друга периодом сухих и влажных лет. Показано, что резкие колебания количества осадков в сухие годы (их приуроченность к первой половине и к концу лета), существенно влияют на численность вегетирующих особей, проективное покрытие и величину создаваемой зеленой массы. Выявлено, что во влажные годы (благоприятные годы) резко возрастают запасы растительного вещества, что находит свое отражение в сроках зеленения степи, начиная с мая, а максимум приходится на конец июля и начало августа. Установлены значительные изменения показателей фитомассы на полигон-трансекте в разные по условиям годы как в сообществах вершинных поверхностей, склонов разных экспозиций, так и в днище пади.

Ключевые слова: степи Юго-Восточного Забайкалья, микроклимат, экосистемы, полигон-трансект, растительный покров, фитомасса, зеленая масса

CLIMATIC FLUCTUATIONS AND CHANGE OF RESERVES OF GREEN MASS OF STEPPES OF SOUTH-EASTERN TRANSBAIKALIA**Dubynina S.S.***Institute of Geography V.B. Sochava, Irkutsk, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru*

The article based on years of observations, much attention is paid to the dynamics of climate and reserves of green mass of steppe ecosystems of South-Eastern Transbaikalia. Steppes of Transbaikalia represent the main repository of vegetation and occupy large area, which can be attributed to crioceratites version of these Central Asian steppes. The climatic conditions of different years of observations were significantly different from each other, i.e. a period of dry and wet years. It is revealed that the sharp fluctuations in rainfall in dry years (their confinement to the first and the end of summer) significantly affect the number of vegetative individuals, the projective cover and the size of the generated minimal ground weight. Found that in wet years (good years) dramatically increases the reserves of plant substances, which is reflected in the timing of selinene steppes, beginning with the month of may, and the maximum occur at the end of July and beginning of August. A significant fluctuation in the indicators of phytomass on the polygon-transect in different terms of years as in the communities of the vertex surfaces, the slopes of different expositions and in the bottom of valley.

Keywords: steppes of the South-Eastern Transbaikal, microclimate, ecosystems, polygon-transect, vegetation cover, phytomass, green mass

Степи Юго-Восточного Забайкалья, своеобразные по своей природе, представляют основное хранилище растительного покрова и занимают обширную территорию, которую можно отнести к криоксерофитному центральноазиатскому варианту настоящих степей [9]. В системе физико-географического районирования они представляют самостоятельный Онон-Аргунский округ Монгольской степной провинции. Характеристика Онон-Аргунской степи и района исследований – Харанорской степи совмещают в себе черты горных и равнинных ландшафтов. Рельеф территории низкогорный, абсолютные высоты 805–900 м. В растительном покрове господствуют степные ассоциации, а флористический состав представлен ксерофитами, ксеромезофитами и криоксерофитами, которые наиболее адаптированные к местным условиям произрастания [8]. Доминантами

исследуемой Харанорской степи являются злаки: типчак (*Festuca lenensis*), вострец (*Aneurolepidium pseudoagropyrum*), ковыль (*Stipa baicalensis*), в разнотравье преобладает пижма (*Tanacetum sibiricum*).

Цель работы: оценка продуктивности современного состояния растительного вещества экосистем Харанорской степи в условиях изменения климата и сезонные изменения зеленой массы на полигон-трансекте, в годы сухих и влажных лет.

Материалы и методы исследования

Многолетние стационарные наблюдения и количественные учеты осуществлялись на Харанорском полигон-трансекте с 1962 по 1980 гг. в условиях заповедного режима. Результаты исследований освещены в ряде публикаций [2, 4, 10]. В 2001 г. наблюдения были продолжены по той же методике, что позволило определить возможные изменения в количественном составе зеленой массы растительных сообществ в многолетнем периоде, обусловленных метеорологическими условиями разных лет наблюдений (рис. 1).

Климат характеризуется резкой континентальностью, сочетающейся с недостаточным увлажнением, распространением многолетней мерзлоты, обилием солнечного света и отрицательными среднегодовыми температурами почвы. Каждый исследуемый год, с 2001 по 2016, своеобразен по метеорологическим условиям и является причиной изменчивости запасов зеленой массы растительных сообществ. Термические условия, несмотря на ряд лет значительных температурных аномалий сухости, оказывали меньшее воздействие на годовую динамику растительности, чем максимум выпавших осадков. В 2013 г. выпало аномальное количество осадков (520 мм в год), кото-

рое существенно повлияло на запасы зеленой массы в 2013, 2014 гг., а самые минимальные запасы отмечены в сухих – 2001, 2004 гг. [3].

В условиях естественного режима Харанорского полигон-трансекта исследовались шесть степных экосистем, которые сопряжены друг с другом, образуя ландшафтно-экологические ряды северного и южного склонов, соединенных днищем пади. Пространственные размещения на ландшафтном профиле растительных сообществ, учитывая – местоположение, виды-доминанты, проективное покрытие и состав почв, являются важнейшими характеристиками исследуемых экосистем (табл. 1).

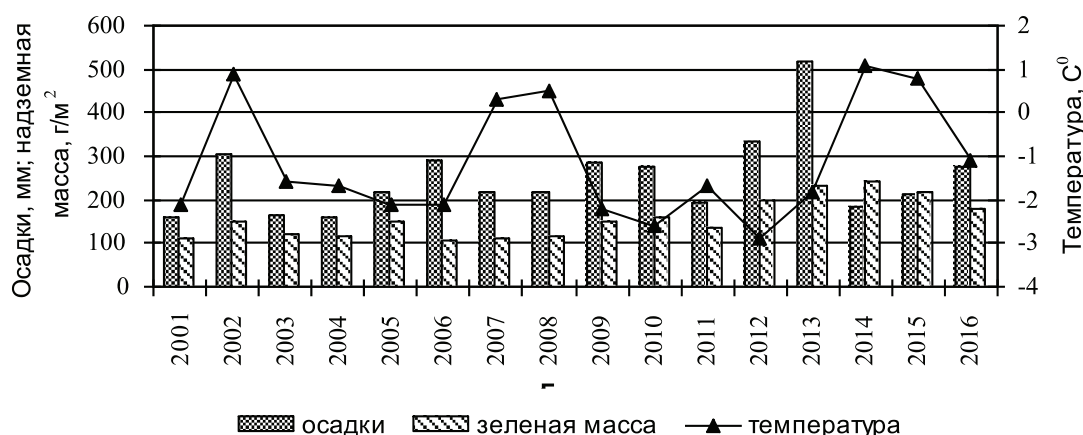


Рис. 1. Флуктуации атмосферных осадков, температуры воздуха и средних запасов зеленой массы Харанорской степи (атмосферные осадки и температура воздуха, по данным метеостанции «Борзя»)

Таблица 1
Характеристика степных экосистем Харанорского полигон-трансекта

Растительное сообщество	Характеристика объектов			
	Рельеф участка	Виды доминанты	Проективное покрытие, %	Почва
Хамеродосово-типчачковое, т. 1	Вершина сопки	<i>Festuca lenensis</i> , <i>Chamaerhodos trifida</i> , <i>Pulsatilla turczaninowii</i>	25–40	Чернозем бескарбонатный слаборазвитый каменистый
Пижмовое сообщество, т. 2	Средняя часть северного склона	<i>Hemerocallis minor</i> , <i>Tanacetum sibiricum</i>	40–60	Чернозем мучнисто-карбонатный маломощный
Злаково-лугово-разнотравное, т. 3	Днище пади	<i>Aneurolepidium pseudoagropyrum</i> , <i>Carex duriuscula</i> , <i>Artemisia vulgaris</i>	80–90	Лугово-черноземная мощная мерзлотно-бескарбонатная
Вострецово-ковыльное, т. 4	Нижняя часть южного склона	<i>Aneurolepidium pseudoagropyrum</i> , <i>Stipa baicalensis</i> , <i>Koeleria cristata</i>	50–70	Чернозем мучнисто-карбонатный глубоковскипающий солонцеватый маломощный
Разнотравно-ковыльное, т. 5	Средняя часть южного склона	<i>Stipa baicalensis</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Festuca lenensis</i>	70–80	Чернозем мучнисто-карбонатный обычный солонцеватый среднemosный
Ковыльно-пижмовое, т. 6	Древняя поверхность выравнивания	<i>Stipa baicalensis</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Tanacetum sibiricum</i>	50–60	Чернозем мучнисто-карбонатный маломощный глубоковскипающий

Для оценки биологической продуктивности сообществ используются данные общего количества (запаса) растительного вещества надземной части травостоя (зеленая масса). Определение продуктивности исследуемых экосистем проводилось общепринятыми методами [7]. Надземная масса растений учитывалась на площадках размером 0,25 м² методом укосов в 3–5-кратной повторности с разбором на зеленую часть и отмершую (ветошь, подстилку). Растения состригались на уровне почвы и затем разбирались в лабораторных условиях. Образцы надземной массы, высушенные до абсолютно сухого состояния, взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500). Строго соблюдались рекомендации по репрезентативности исследований, а также необходимое количество повторностей, в наиболее приемлемые сроки вегетационного периода развития травостоя [11]. Проведенная статистическая обработка материала, собранного за многолетние исследования, показала, что для определения надземной массы достаточно 3–5 повторностей с площадок по 0,25 м². Достоверность учета надземной массы составляет $\pm 1,5\%$.

Результаты исследования и их обсуждение

За многолетний период исследований облик степных сообществ неоднократно менялся в соответствии с климатическими флуктуациями в регионе. Максимальное количество осадков приурочено к летнему сезону вегетации, начиная с апреля по октябрь. Графики по атмосферным осадкам, представленные в виде топохроноизоплет наглядно подтверждают их изменения в течение вегетационного периода (рис. 2).

северо-запад). Годы наблюдений по осадкам Харанорской степи были переходными от засушливых лет к влажным, что находило свое отражение на сроках вегетации растительных сообществ. За анализируемый период наблюдений с 2001 до 2012 гг. эта закономерность была нарушена сухим периодом, который длился 11 лет. Исключением явился 2013 г., начиная с апреля по май выпало осадков до 90 мм, самое большое их количество зарегистрировано за июнь и июль в сумме – 310 мм, а общая сумма вместе с осенними, зимними и весенними осадками за год составила – 520 мм. В 2013 г. в почву поступило большое количество влаги, и обильные дожди промокли почву на глубину до 2,0 м [1]. В ходе годового количества осадков прослеживается несколько периодов. Весенне-ранний период с сухой, холодной весной и малым количеством осадков до 30 мм. Среднелетний период (июнь, июль) характеризуется повышенным количеством осадков до 156 мм (2013 г.). В среднелетний период сухих и жарких лет (июнь, июль) наблюдается понижение до 23 мм (2003, 2004 гг.). Позднеосенний период сухих и прохладных лет: осадки в сентябре, октябре повысились до 30 мм. В некоторые годы в позднеосенний период отмечено до 76 мм (2004 г.), а в 2016 г. – до 117 мм.

В табл. 2 приводятся многолетние данные запасов зеленой массы в период мак-

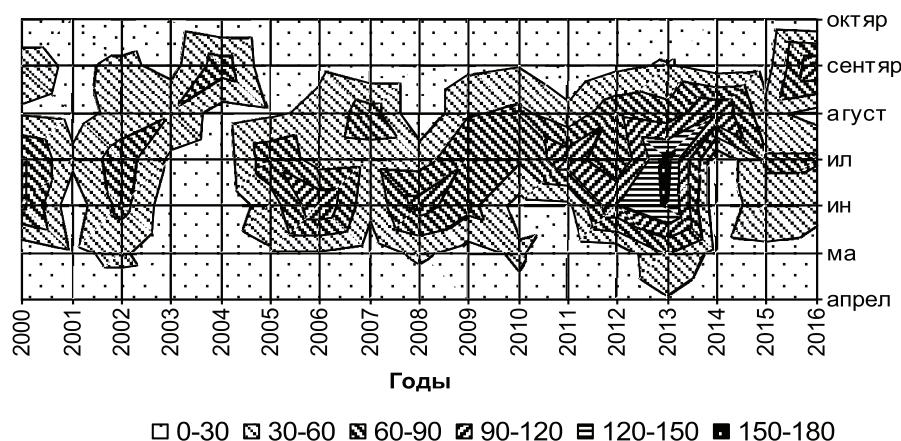


Рис. 2. Изменение атмосферных осадков за вегетационный период с 2000 по 2016 гг. в степях Забайкалья

На рис. 2 представлен ход осадков за вегетационный период многолетних наблюдений по данным метеостанции Борзя, наиболее близко расположенной к ключевому участку полигон-трансекта (около 30 км на

симального развития травостоя. Прослеживается четкая ритмичность, обусловленная своеобразием гидротермических условий года. Каждая ассоциация полигон-трансекта существенно отличается по средним много-

летним величинам сухих и влажных лет. Из наблюдаемых лет более благоприятным для развития растений был 2013 и 2014 гг., о чем свидетельствуют максимальные величины запасов зеленой массы полугидроморфного днища пади (т. 3) и сообществ южного склона: вострещово-ковыльного (т. 4), разнотравно-ковыльного (т. 5). Минимальные количества отмечены на вершине сопки в хамеродосово-типчаковом сообществе (т. 1).

Сезонная динамика фитомассы в степях Забайкалья обусловлена биоклиматической обстановкой. Выявлена четкая ритмичность накопления запасов вещества в течение вегетационного периода, что совпадает с данными других исследователей [5, 6]. Во всех экосистемах зеленая масса возрастает постепенно к концу июля (максимум приходится на август), а затем наступает ярко выраженный спад [12, 13].

Из сухого одиннадцатилетнего периода в сухом – 2004 г., отличающемся весенне-раннелетней засухой (рис. 3, а), начало вегетации было поздним (конец мая и первая декада июня). Своеобразие погодных условий заметно отразилось на ритме развития фитомассы, за счет небольших осадков (20 мм) и высокой температуры (20°C): зеленая масса составляла лишь 15–47 г/м² в сообществах вершинных положений полигон-трансекта в хамеродосово-типчаковом (т. 1) и ковыльно-пижмовом (т. 6), и 30–70 г/м² на южном склоне в вострещово-ковыльном (т. 4), и разнотравно-ковыльном (т. 5). Про-

странственно-временные модели запасов зеленой массы (рис. 3, б) выявляют существенную динамику изучаемых показателей. Максимальных значений они достигают до 200 г/м² в среднелетнем периоде (конец июля, август) в сообществах южных склонов – разнотравно-ковыльном (т. 5), вострещово-ковыльном (т. 4). Сравнение с весенне-раннелетним периодом показало увеличение запасов зеленой массы почти в 4 раза.

Запасы зеленой массы остаются значительными с конца сентября до начала октября 2004 г., так как в сентябре выпало наибольшее количество осадков (71,5 мм). Сентябрь был влажным и теплым, без заморозков, и ярко выраженного спада фитомассы не произошло. Высокие показатели зеленой массы, до 150 г/м², (сентябрь) сохранялись на южном склоне в разнотравно-ковыльном (т. 5) и вострещово-ковыльном (т. 4) сообществах полигон-трансекта. Значительное отклонение высоких показателей запасов фитомассы в осеннем периоде, происходит за счет сдвинутых сроков вегетации поздне-осенних видов растений, т.к. они не смогли реализовать свои потенциальные возможности (цветение, плодоношение) из-за крайне ограниченного времени оптимального сочетания тепла и влаги в среднелетний период. Большое влияние оказали условия аномально продолжительной летней засухи. Минимальные запасы зеленой массы от 22 до 64 г/м² отмечены в позднеосенний период в сообществах вершинных поверхностей (т. 1, т. 6).

Таблица 2

Многолетняя динамика максимальных запасов зеленой массы в августе, г/м² (абсолютно сухой вес)

Годы	Точки полигон-трансекта					
	т. 1	т. 2	т. 3	т. 4	т. 5	т. 6
2001	42	82	165	103	137	133
2002	84	133	217	138	159	183
2003	64	88	204	121	148	93
2004	23	83	164	178	149	85
2005	78	153	146	207	201	121
2006	72	70	126	167	116	86
2007	56	88	185	126	120	104
2008	44	145	246	123	151	161
2009	86	112	228	158	175	131
2010	91	129	231	142	219	149
2011	66	108	219	147	157	125
2012	78	213	266	219	239	170
2013	89	221	360	213	301	205
2014	90	161	371	339	319	181
2015	81	188	311	258	301	182

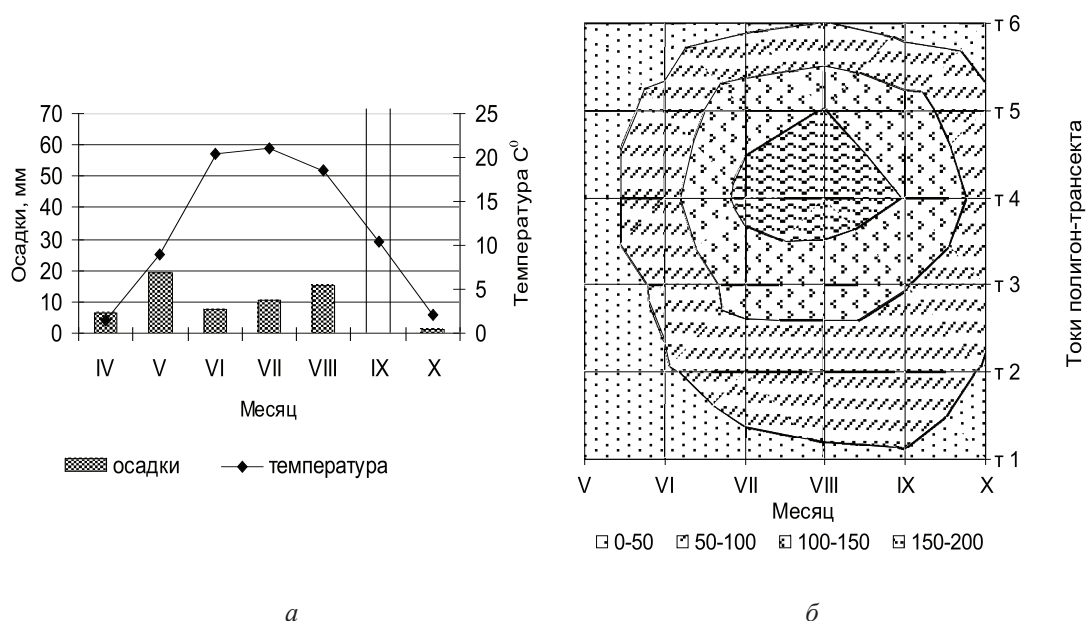


Рис. 3. Сезонная динамика запасов зеленой массы и погодных условий в сухом 2004 г. Харанорской степи: а – среднемесячная температура воздуха и осадки; б – пространственно-временные модели запасов зеленой массы за вегетационный период. Топохроноизоплетями показаны запасы зеленой массы в г/м²

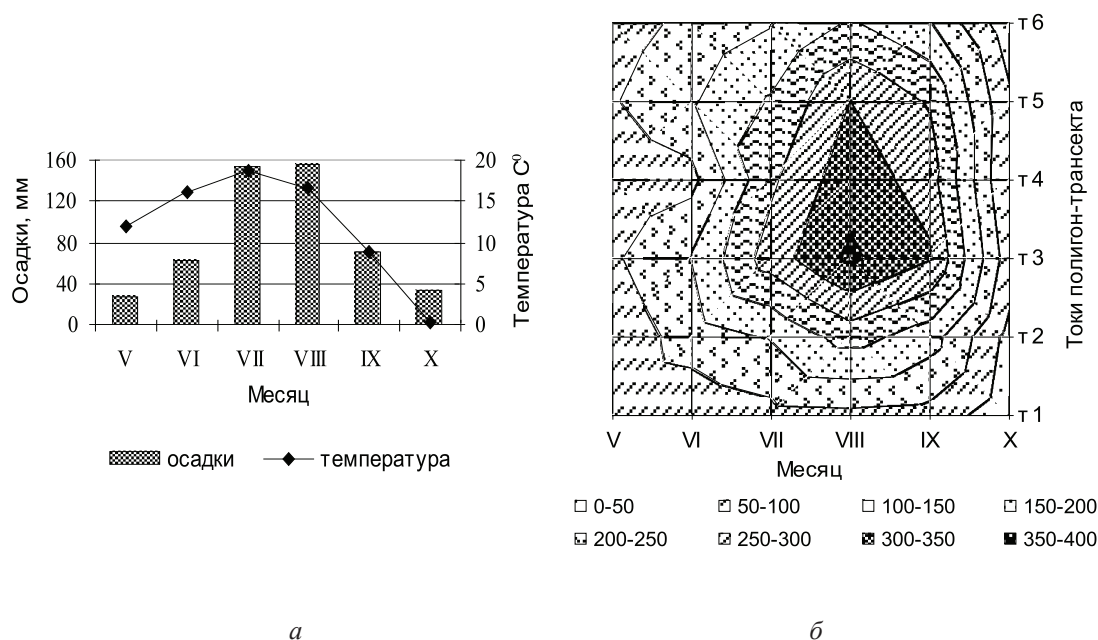


Рис. 4. Сезонная динамика запасов зеленой массы и погодных условий влажного 2013 г. Харанорской степи: а – среднемесячная температура воздуха и осадки; б – пространственно-временные модели запасов зеленой массы за вегетационный период. Топохроноизоплетями показаны запасы зеленой массы в г/м²

По погодным условиям 2004 и 2013 гг. значительно отличались друг от друга, так как 2013 г. очень влажный год (рис. 4, а). Сходство этих годов проявлялось лишь

в одном: максимальный запас зеленой массы приходился на август месяц (рис. 4, б).

Данные по формированию надземной массы в сообществах полигон-трансекта

показали, что варьирование во влажные годы значительно. Ее приспособляемость к резко меняющимся погодным и экологическим условиям достигается за счет изменения состава видов в зеленой массе и флуктуации климатических условий тепла и влаги. Высокие показатели фитомассы прослеживаются при температуре воздуха 18–20 °C и сумме осадков до 150 мм (рис. 4, а). Нарастание зеленой массы в ранне-весенне-летний период (мае и июне) 2013 г. протекало активно и к июлю достигло 300 г/м² (рис. 4, б). Самый значительный запас фитомассы приходится на август от 300 до 400 г/м² на южном склоне в вострещово-ковыльном сообществе (т. 4) и злаково-лугово-разнотравном днище пади (т. 3). Запасы зеленой массы в августе влажного 2013 г. превышают сухой 2004 г. почти в 2 раза (см. рис. 3, б). Сообщества вершинные (т. 1, т. 6) и северного склона (т. 2) заканчивают свой позднесенний вегетационный период в сентябре, октябре, приобретая желтоватовоеточный вид, масса зелени составляет от 15 до 30 г/м² (рис. 4, б), тогда как сообщества полугидроморфного днища пади и южного склона продолжают вегетировать. Влажный 2013 г. повлиял на последующий за ним 2014 г., где максимальные запасы зеленой массы в августе составляли – 371 г/м² (см. табл. 2).

Выводы

1. В сообществах Харанорской степи выявлен характер динамики растительного вещества в зависимости от гидротермических условий за период сухих и влажных лет.
2. Установлены значительные изменения показателей фитомассы на полигон-трансекте в разные по условиям годы в сообществах разных элементов рельефа.
3. Резкие колебания количества осадков в сухие годы и их приуроченность к вер-

шинным местоположениям имеют минимальный запас зеленой массы. Максимум зафиксирован в августе на южном склоне в разнотравно-ковыльном сообществе (т. 5).

4. Максимальные запасы надземной массы травостоя выявлены в сообществах полигон-трансекта во влажные годы (июль-август), как в травостое ложбин, так и на южном склоне в вострещово-ковыльном сообществе (т. 4).

Список литературы

1. Давыдова Н.Д., Дубынина С.С. Динамика показателей состояния Северных степей Центральной Азии в современных условиях // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития. – Улан-Батор, Монголия, 2015. – Т. 2. – С. 347–351.
2. Дружинина Н.П. Фитомасса степных сообществ Юго-Восточного Забайкалья. – Новосибирск. 1973. – 150 с.
3. Дубынина С.С. Биологическая продуктивность растительного вещества степей Юго-Восточного Забайкалья в экстремальных условиях климата // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23245>.
4. Изучение степных геосистем / Под ред. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Наука, 1970. – 237 с.
5. Казанцева Т.И. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь Гобийской части Монголии. – М.: Наука, 2009. – 339 с.
6. Кандалова Г.Т. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования. – Новосибирск, 2009. – 163 с.
7. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. – М.: Мысль, 1978. – 182 с.
8. Сафронова И.Н. Об использовании некоторых терминов в степеведении // Степи Северной Евразии. Материалы VI международного симпозиума. – Оренбург, 2012. – С. 658–660.
9. Сочава В.Б. Онон-Аргунская степь как объект стационарных физико-географических исследований // Алкучанский Говин. – М.; Л.: Наука, 1964. – С. 3–23.
10. Степи Центральной Азии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 298 с.
11. Титлянова А.А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1991. – 174 с.
12. Топологические аспекты учения о геосистемах / Под ред. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Наука, 1974. – 294 с.
13. Топология степных геосистем. – Л.: Наука, 1970. – 174 с.

УДК 556.552

**ВЗАИМОСВЯЗЬ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВОДНОГО БАЛАНСА И ХАРАКТЕРА
УРОВЕННОГО РЕЖИМА В РАЙОНЕ ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА
КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА****Китаев А.Б., Шайдулина А.А.***ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь,
e-mail: hydrology@psu.ru*

В отличие от естественных водоемов и водотоков развитие всех процессов в водохранилищах носит скоротечный характер. Это одна из отличительных особенностей водохранилищ как искусственных водоемов. Другая особенность в том, что во многом эти процессы управляемы. Само управление идет опосредованным путем через уровеньный режим водохранилища и в первую очередь скорость подъема или понижения уровня, амплитуду колебаний к продолжительности стояния уровня на определенных отметках. В свою очередь все элементы уровеньного режима контролируются соотношением элементов водного баланса. Район переменного подпора на отдельных участках характеризуется разным уровеньным режимом, определяющим прочие гидрологические условия, а следовательно, и гидрологические особенности выделенных участков. При этом важную роль в положении и устойчивости выделенных границ определяет водность года. Поэтому особый интерес вызывает связь уровеньного режима и водности. На основании данных среднегодовых уровней и основных компонентов водного баланса за 2001–2015 гг. сделана попытка определить величины и направленность этой зависимости.

Ключевые слова: водохранилище, район переменного подпора, уровеньный режим, водный баланс**INTERRELATION OF THE WATER BALANCE AND THE CHARACTER
OF THE LEVEL REGIME IN THE AREA OF VARIABLE BACKWATER
OF THE KAMA WATER RESERVOIR****Kitaev A.B., Shaydulina A.A.***Perm State University, Perm, e-mail: hydrology@psu.ru*

Unlike natural water bodies and watercourses, the development of all processes in reservoirs is of a fleeting nature. This is one of the distinguishing features of reservoirs as artificial reservoirs. Another feature is that in many ways these processes are manageable. The control itself goes indirectly through the reservoir's level regime and primarily the rate of rise or fall of the level, the amplitude of the oscillations to the duration of the level standing at certain elevations. In turn, all elements of the level regime are controlled by the ratio of water balance elements. The area of variable support in some sections is characterized by a different level of regime, which determines other hydrological conditions, and, consequently, also the hydrological characteristics of the allocated areas. At the same time, the water content of the year determines the important role in the position and stability of the identified boundaries. Therefore, a special interest is caused by the connection of the level regime and water content. Based on the data of average annual levels and the main components of the water balance for 2001–2015, an attempt was made to determine the magnitude and direction of this dependence.

Keywords: reservoir, area of variable backwater, level regime, water balance

Водный баланс, а точнее его изменение – **основная причина**, определяющая формирование определенного гидрологического режима (характер изменения уровня, скоростей течения и др.) как всего водохранилища в целом, так и района переменного подпора в частности. Э.Ф. Герасимов [1] считал, что водный баланс, определяемый процессами прихода и расхода воды, применительно к внутренним водоемам, выражает всеобщий закон сохранения материи и является главной характеристикой гидрометеорологического режима.

Водный баланс отражает характер регулирования стока водохранилищем, так как каждому типу регулирования соответствуют свои периоды и размеры наполнения и сработки [6]. Камское водохранилище относится к типу сезонного регулирования.

Также можно выделить его в группу водохранилищ – регуляторов каскада (базовые), питающихся естественным стоком и обеспечивающих регулирование стока для каскада, так как оно является первым в цепи Камского, Воткинского и Нижнекамского водоемов.

Создание Камского водохранилища полностью изменило уровеньный режим р.Камы. На всем протяжении от створа Камской ГЭС и до пгт Керчевский колебания уровня стали зависеть не только от сезонных изменений стока, но и от искусственного регулирования сбросов воды в нижний бьеф. Первоначальное наполнение водохранилища до НПУ (108,0 м абс) осуществлено в 1956 году. В 1960 г. в целях более рациональной эксплуатации водоема НПУ поднят до существующей отметки – 108,5 м абс.

В 1964 г. с наполнением до проектных размеров Воткинского водохранилища и изменением статуса Камского с одиночного на регулятор каскада, глубина нормальной эксплуатационной сработки была уменьшена на 1,0 м.

Таким образом, регламент эксплуатации Камского водохранилища с момента его наполнения менялся несколько раз. Соответственно ему менялся и характер уровня режима.

Водный баланс характеризует индивидуальные особенности исследуемого водоема. В целом, подразделяясь на приходные и расходные компоненты, он отражает сложную взаимосвязь природных и антропогенных факторов. Водный баланс, как всего Камского водохранилища, так и района его переменного подпора носит сложный, взаимозависимый характер, определяется множеством внешних, не входящих в уравнение баланса, компонентов. В частности, морфометрия и перестройка берегов, протекающая в водохранилище крайне интенсивно, влияют на приток подземных вод, фильтрацию через борта и ложе, аккумуляцию наносов. Активно участвует в формировании водного баланса и антропогенная деятельность. В связи с созданием прудов на притоках Камы и заполнением самого Камского водохранилища подверглась изменению атмосферная циркуляция региона – в связи с возрастанием испарения с зеркала водоема увеличилось количество осадков в прибрежной части, повысилась доля поверхностного стока. Также при формировании водохранилищ как новых географических объектов определяющим целый ряд факторов и явлений в водоёме и окружающих природных комплексов является режим уровня воды [6].

Характеристика среднеголетних величин составляющих водного баланса впервые дана В.И. Пономаревым, Э.А. Снегиревым, Л.И. Пономаревой [4]. Ими были обобщены материалы 1956–1976 гг. В 1983 году А.Б. Китаевым дана характеристика составляющих водного баланса Камского водохранилища за характерные по водности годы: 1965 г. – многоводный, 1966 г. – средний по водности, 1967 г. – маловодный. Позже оценка составляющих водного баланса водохранилищ Камского каскада за характерные по водности годы дана в работах А.Б. Китаева и Т.П. Девяtkовой. Причем в качестве многоводных рассмотрен уже не 1965, а 1979 г., признанный более многоводным. На данном этапе

обобщенная характеристика водного баланса Камского водохранилища представлена с учетом данных до 1999 года [2].

В связи с этим особенный интерес представляет вопрос, существует ли зависимость между многоводными годами, определяемыми с точки зрения водного баланса и максимальными уровнями в районе переменного подпора Камского водохранилища. Насколько репрезентативно увязывать их между собой, или регулирование стока КамГЭС будет оказывать решающее влияние?

Для решения этого вопроса проанализированы ежедневные уровни воды за период с 2001 по 2015 гг. по разным гидрологическим постам (пгт. Керчевский, пгт. Тюлькино, г. Березники, верхний бьеф Камской ГЭС) и величины прихода и расхода через плотину КамГЭС за аналогичный период.

Район переменного подпора, являясь сложной природно-антропогенной системой, в течение года претерпевает значительное изменение своего состояния. Оно определяется, прежде всего, изменением внутригодового водного баланса, которое характеризуется соотношением прихода и расхода водных масс в водоеме или конкретном его участке. Во-вторых, сезонно меняется приход и расход наносов, которые перемещаются из одних участков в другие, тем самым меняя морфологию и морфометрию исследуемого района. А в-третьих, Камское водохранилище, осуществляя, согласно регламенту эксплуатации, суточное, недельное и сезонное регулирование стока, обеспечивает циклический характер этих изменений. Район переменного подпора имеет наиболее сложный и динамичный, с точки зрения колебания уровней, режим.

Трем основным фазам в годовом цикле работы ГЭС и эксплуатации водохранилища соответствует два типа режима уровней. Первый характеризуется значительными уклонами. Он наиболее близок к речным условиям. Для второго типа характерно наличие незначительных уклонов водной поверхности. Участок с малыми уклонами водной поверхности на Камском водохранилище (при НПУ и расходах р. Камы 1000–2000 м³/с) полностью охватывает глубоководный приплотинный и озеровидный районы и часть четковидного (выше п. Усть-Пожва) района. Малые уклоны водной поверхности сохраняются на этом участке и при зимней сработке уровня водоема до 100,0 м абс, если расходы р. Кама в это время не превышают 1000 м³/с, что является нормальным для зимнего режима реки.

Уклоны в верхней части названного участка заметно повышаются в весенний период, когда водохранилище не заполнено, а приток возрастает до 6000–8000 м³/с и более. В этот период в районе переменного подпора выше границы его выклинивания наблюдаются наибольшие уклоны водной поверхности. Значительные уклоны наблюдаются и в верховьях всех крупных заливов [3].

Перемещение границы выклинивания по району переменного подпора внутри года носит циклический характер, и в многолет-

нем аспекте границы района практически постоянны. Он простирается от п. Керчевский до п. Усть-Пожва, занимая порядка половины длины Камского водохранилища [5]. Во внутригодовом ходе уровня водохранилища выделяются 3 периода:

- 1) плавное понижение уровня при зимней сработке водной массы водохранилища;
- 2) интенсивный рост уровня при наполнении водохранилища до НПУ в апреле – мае;
- 3) относительно стабильное стояние уровня летом и осенью.

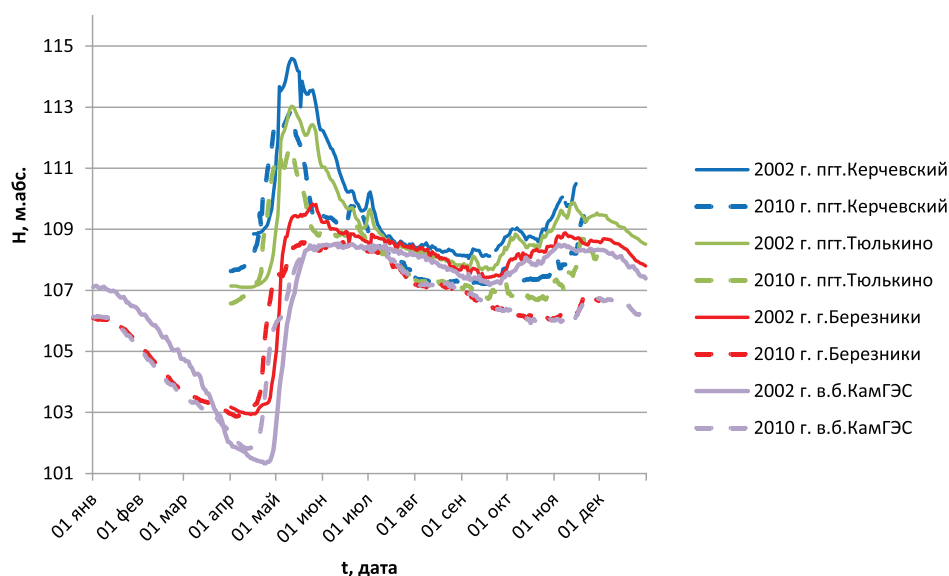


Рис. 1. Ход уровня воды в створах Камского водохранилища за многоводный (2002) и маловодный (2010) год

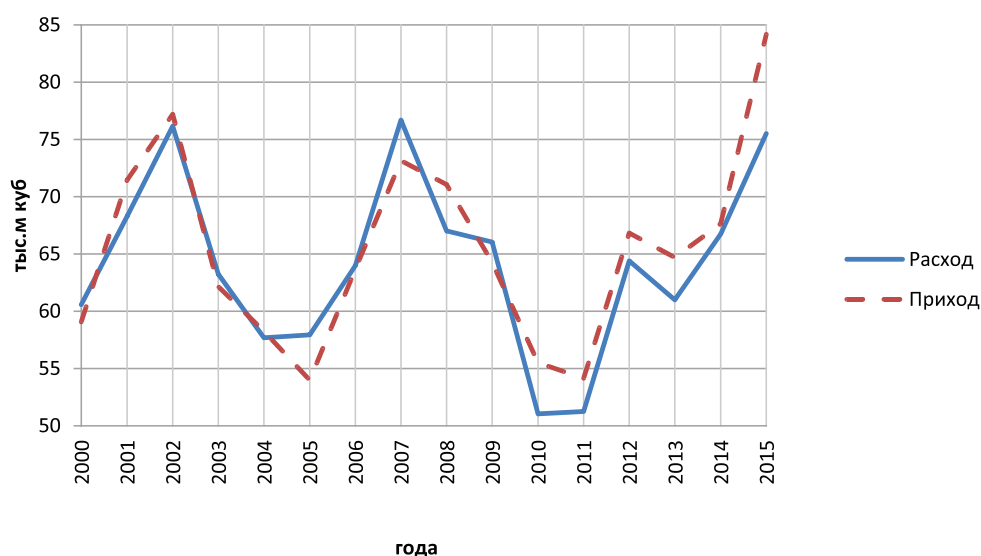


Рис. 2. Приход воды в Камское водохранилище и ее сброс (расход) через створ ГЭС за период с 2000 по 2015 гг.

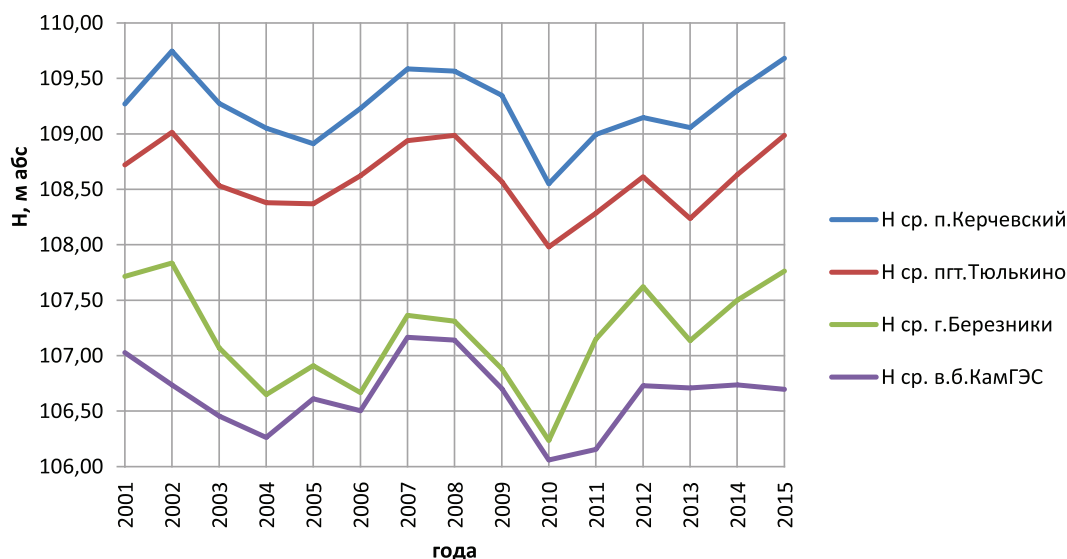


Рис. 3. Динамика среднегодового уровня воды за период с 2001 по 2015 гг.

Для анализа уровня режима большое значение имеет водность года, т.к. она определяет максимальные и минимальные значения отметок. Для определения многоводного и маловодного (по уровенному режиму) годов в XXI в. проведен анализ ежедневных уровней воды с 2001 по 2015 гг.

На всех исследуемых гидрологических постах Камского водохранилища в качестве многоводного однозначно признан 2002 г. (а также 2009, 2014 гг.), а маловодного – 2010 г. (а также 2005, 2012 гг.). При этом при приближении к плотине КамГЭС (пост г. Березники) достаточно сложно выделить маловодный год. Это подтверждает вывод о том, что подпор зачастую выклинивается чуть ниже г. Березники, к периоду наполнения уровни здесь быстро выравниваются и вновь носят водохранилищный характер. Заметно, что внутригодовой ход уровней воды на постах пгт. Керчевский и пгт. Тюлькино характеризуется наибольшими отметками высот, уровни здесь колеблются от 107 до 114 м абс. в многоводный и маловодный годы. Колебания уровня режима на пунктах г. Березники и п. Усть-Пожва также имеют схожий характер и изменяются от 110 до 101 м абс. Исходя из этого, точка перехода речных условий в водохранилищные находится между пгт. Тюлькино и г. Березники.

Таким образом, район переменного подпора на отдельных участках характеризуется разным уровнем режимом, определяющим прочие гидрологические условия,

а следовательно, и гидрологические особенности выделенных участков. При этом важную роль в положении и устойчивости выделенных границ определяет водность года. График прихода и расхода воды через створ КамГЭС (рис. 2) свидетельствует о том, что в последние годы наметился незначительный тренд к увеличению приходной части.

Сопоставление водного баланса и уровня режима показало, что в первом приближении среднегодовые уровни корректно отражают динамику водного баланса (рис. 3). Периоды многоводья и маловодья совпадают. Однако можно отметить, что вследствие характера регулирования наблюдается сглаживание среднегодового уровня воды, что особенно проявляется на створе КамГЭС. Достаточно острые пики (рис. 2) многоводных лет (2002, 2007) на графике хода уровня (рис. 3) имеют сглаженный характер в сторону понижения, что позволяет сделать вывод о влиянии предыдущего многоводного года на динамику уровня режима.

Можно сделать вывод о достаточно высокой связи среднегодовых уровней воды с приходными и расходными компонентами водного баланса. Коэффициент корреляции колеблется от 0,68 до 0,92. Максимальная его величина приурочена к пгт. Керчевский, а минимальная – к КамГЭС, что свидетельствует о речном режиме верхнего участка (от пгт. Керчевский до пгт. Тюлькино, переменном – от пгт. Тюлькино до г. Березники, и водохранилищном – ниже, где колебания

уровня стабильны, и не так сильно зависят от водности года. Однако надо иметь в виду, что не всегда водность года особенно повышенная и соответственно большой приток воды в водоем соответствует максимальным уровням воды в приплотинной и средней частях водохранилища и даже в районе переменного подпора, т.е. в верхней его части. Это подтверждается наибольшим (за рассмотренный период) приходом – 84,15 тыс. м³ в 2015 г., и высоким, но не максимальным уровнем воды в этот период. При этом связь между приходом и величиной уровня прослеживается тем отчетливее, чем выше располагается водомерный пост. Это свидетельство того факта, что характер уровенного режима даже в районе переменного подпора несет на себе отпечаток регулирования стока гидроузлом Камской ГЭС.

Выводы

1. Установлено, что существует тесная связь между многоводными и маловодными периодами, определяемыми с точки зрения водного баланса и среднегодовыми уровнями воды.

2. Связь среднегодовых уровней воды с приходными и расходными компонентами водного баланса наиболее четко прослеживается в верхнем районе водохранилища, называемом районом переменного подпора. Условия, приближенные к речным на участке от пгт. Керчевский до пгт. Тюлькино, наиболее остро реагируют на изменение составляющих баланса (коэффициент корреляции порядка 0,9), что подтверждает тезис о том, что водный баланс определяет формирование определенного гидрологического режима (характер изменения уровня, скоростей течения и др.) как всего водохранилища в целом, так и района переменного

подпора в частности. При этом связь между компонентами баланса и среднегодовым уровнем ниже (коэффициент корреляции порядка 0,7) у плотины КамГЭС, где влияние регулирования максимально и соблюдение проектных уровней имеет первостепенное значение.

3. Особенный интерес представлял вопрос, насколько репрезентативно увязывать компоненты водного баланса и уровенный режим между собой. Установлено, что регулирование стока КамГЭС оказывает решающее влияние на уровенный режим Камского водохранилища, особенно в районе переменного подпора. При этом высота среднегодового уровня воды позволяет судить о мало-водном или многоводном периоде, но не абсолютной величине водности года. Примером этому служит наибольший (за рассмотренный период) приход – 84,15 тыс. м³ в 2015 г. – и высокий, но не максимальный уровень воды в этот период.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 16-45-590546 p_a).

Список литературы

1. Герасимов Э.Ф. Водный баланс Камского водохранилища [Текст] / Э.Ф. Герасимов. – Пермь, 1959. – 14 с.
2. Китаев А.Б. Водный баланс Камского водохранилища в многолетнем аспекте // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: мат-лы IV Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. – Челябинск, 2016. – 324 с.
3. Михалев В.В., Мацкевич И.К. Современная морфометрия Камского водохранилища [Текст] // Водное хозяйство России. – 2010. – № 3. – С. 4–20.
4. Пономарев В.И., Снегирев Э.А., Пономарева Л.И. Режим больших водохранилищ. Ресурсы поверхностных вод СССР (Средний Урал и Приуралье). – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Т. 2. – С. 476–548.
5. Шайдулина А.А. Особенности уровенного режима в районе переменного подпора Камского водохранилища [Текст] / А.А. Шайдулина // Географический вестник = Geographicalbulletin. – 2016. – № 4 (39). – С. 44–56.
6. Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ [Текст] / К.К. Эдельштейн – М.: Перо, 2014. – 399 с.

УДК 551.79(4):551.89

ПАЛЕОЛИМОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ БЕЛОМОРО-БАЛТИЙСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА

¹Кублицкий Ю.А., ¹Кулькова М.А., ¹Брылкин В.В., ¹Шаталова А.Е., ¹Королёв И.А.,
¹Орлов А.В., ^{1,2}Субетто Д.А., ³Климов С.И., ^{3,4}Шорина Н.В., ³Чупаков А.В.

¹Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, e-mail: uriy_87@mail.ru;

²Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: Subetto@mail.ru;

³Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,
Архангельск, e-mail: nvshorina@yandex.ru;

⁴Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск

Впервые представлены результаты геохимического, литологического анализа и анализа потерь при прокаливании донных отложений оз. Вильно и оз. Масельское. Объекты исследования расположены в южной части Беломоро-Балтийского водораздела и относятся к разным бассейнам. Озера имеют различные источники сноса при накоплении терригенных отложений в результате процессов эрозии. Для водосборного бассейна оз. Масельское наиболее характерны гранитно-гнейсовые породы, а для оз. Вильно – гранат-биотитовые гнейсы. Озера имеют различный гидрологический режим. В оз. Масельское происходит постепенная эвтрофикация, связанная с накоплением биогенных компонентов и замедлением стока. В оз. Вильно неоднократно менялся трофический уровень от олиготрофного до мезотрофного и наоборот из-за частой смены гидрологического режима между проточными и непроточными условиями. По динамике органического вещества и химических элементов установлена динамика природных условий.

Ключевые слова: палеогеография, седиментация, донные отложения, стратиграфия, динамика природных условий, гидрологический режим, геохимия

PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTION OF NATURAL CONDITIONS OF THE WHITE SEA-BALTIC WATERSHED

¹Kublitsky U.A., ¹Kulkova M.A., ¹Brylkin V.V., ¹Shatalova A.E., ¹Korolev I.A., ¹Orlov A.V.,
^{1,2}Subetto D.A., ³Klimov S.I., ^{3,4}Shorina N.V., ³Chupakov A.V.

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, e-mail: uriy_87@mail.ru;

²Northern Water Problems Institute, KarRC, Russian Academy of Sciences,
Petrozavodsk, e-mail: Subetto@mail.ru;

³Federal Center for Integrated Arctic Research RAS (FCI Arctic RAS),
Arkhangelsk, e-mail: nvshorina@yandex.ru;

⁴Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk

Studied the dynamics of nature variability of southern part of the White sea-Baltic watershed on the example of lakes of Vilno and Maselga. Lakes have different sources of demolition during the accumulation of terrigenous deposits. The main demolition area for the lake Maselga are granite-gneiss rocks, and for the lake Vilno – garnet-biotite gneisses. Lakes have a different hydrological regime. In the lake Maselga there is a gradual eutrophication of the lake, and the regime of Lake Vilno has repeatedly changed from oligotrophic to mesotrophic and back. On the dynamics of organic matter and chemical elements, reconstruction of climatic conditions was builded.

Keywords: paleolimnology, sedimentation, lake sediments, stratigraphy, dynamics of natural conditions, hydrological regime, geochemistry

Одно из приоритетных направлений в изучении палеогеографии – реконструкция природных условий прошедших эпох, поскольку для понимания современных климатических изменений необходимо детально исследовать климат в прошлом [5]. Одним из способов изучения динамики природных условий является комплексное исследование кернов донных отложений озёр, поскольку они несут в себе важную

информацию о прошлом водоёма, химических и физических процессах, протекавших как в самом водоёме, так и на всем водосборном бассейне [6–8].

В сентябре 2016 г. были проведены полевые исследования на оз. Масельское и оз. Вильно. Озера расположены в Кенозерском национальном парке (юго-западная часть Архангельской области) [1] и отделены друг от друга узкой озовой

грядой, являющейся водоразделом между бассейнами Балтийского и Белого морей [4]. Близкое расположение озёр, принадлежащих к водосборам разных морей, даёт возможность изучить процессы формирования донных отложений, выявить сходства и различия условий их существования. Целью исследования является, с одной стороны, установление динамики природных условий в конце плейстоцена и в голоцене, с другой – сравнение седиментационных процессов озёр, относящихся к водосборным бассейнам разных морей и океанов.

Материалы и методы исследования

Отбор кернов донных отложений производился при помощи русского бура с плота. На основании промеров глубин озёр, выполненных с помощью эхолота Humminbird GPS-Fishfinder 363, были построены батиметрические карты (рис. 1, 2). Извлечённые керны проходили первичное литологическое описание, упаковались в стрейч-плёнку и пластиковые пеналы для транспортировки.

В лабораторных условиях проведен анализ потерь при прокаливании (ППП) по стандартной

методике [10] и геохимический анализ. ППП соотносится с содержанием органического углерода, который, в свою очередь, отражает биопродуктивность водоема [8].

Геохимический анализ проводился по стандартной методике определения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом (методика ФР.1.31.2011.09286) для прибора

«СПЕКТРОСКАН МАКС-GV». Данные по химическому составу отложений каждого озера были обработаны методом математической статистики – корреляционным и факторным анализами. Корреляционный анализ позволяет выделить 3 группы химических элементов, с наиболее сильными корреляционными связями, которые отражают определенные геохимические обстановки осадконакопления в озере. Для оценки изменения климата были использованы такие индикаторные соотношения, как $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, CIA , которые показывают относительные изменения температуры и влажности [3].

Результаты исследования и их обсуждение

На данный момент геохронологический анализ еще не выполнен, поэтому изменение природных условий привязано не к возрасту, а к стратиграфии отложений.

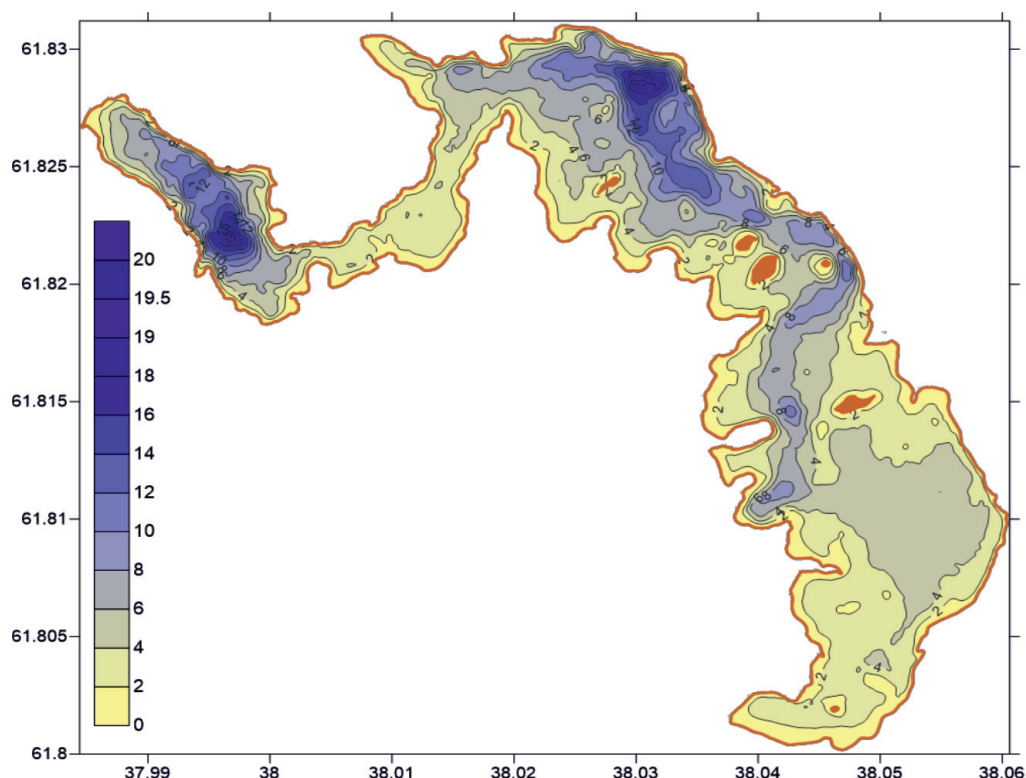


Рис. 1. Батиметрическая карта озера оз. Масельское
(представлена лабораторией пресноводных и морских экосистем ИЭПС
г. Архангельска, автор С.И. Климов, замеры А.В. Чупакова)

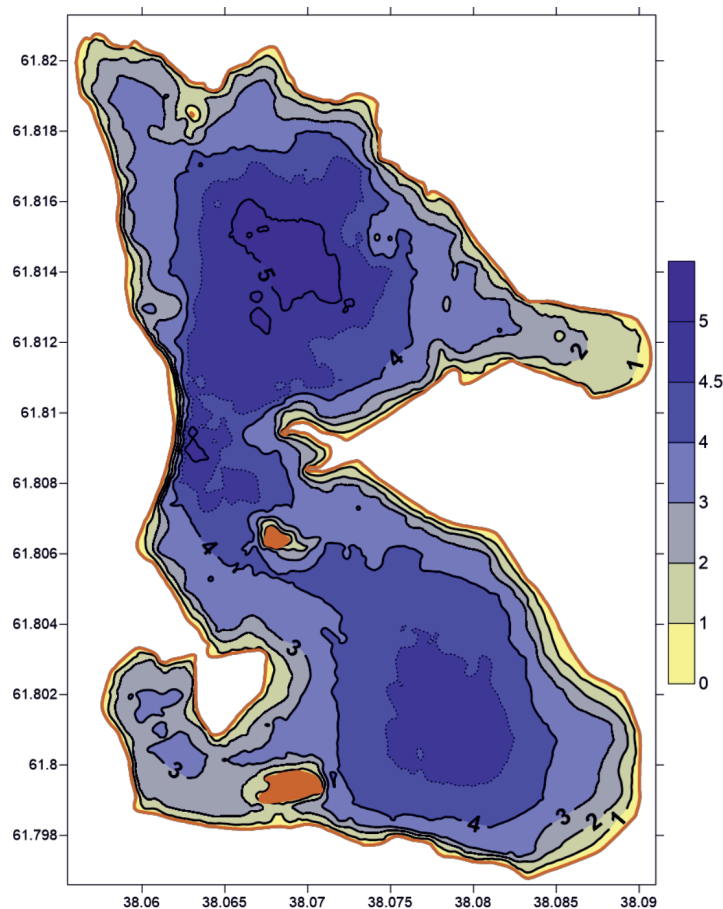


Рис. 2. Батиметрическая карта озера Вильно (представлена лабораторией пресноводных и морских экосистем ИЭПС г. Архангельска, автор С.И. Климов, замеры А.В. Чупакова)

Реконструкция природных условий Балтийского сектора рассматриваемой территории по результатам изучения донных отложений оз. Масельгское

В результате статистической обработки результатов геохимического анализа кернов донных отложений оз. Масельгское выделено три группы элементов с высокими корреляционными связями и рассчитано два фактора.

1 группа: Al_2O_3 , TiO_2 , Zr, K_2O , Rb, V, Cr – элементы, входящие в состав глинистых минералов и устойчивых минералов.

2 группа: $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, MnO, Zn, Ni, P_2O_5 , SiO_2 – элементы, характерные для минералов (гидроокислов железа, марганца), образующихся в щелочных, восстановительных условиях, при гниении растительных остатков. Совокупность этих элементов отражает процессы зарастания водоема и его эвтрофикацию.

3 группа: CaO, MgO, Sr – элементы, входящие в состав карбонатов (раковин), биогенные элементы.

Фактор (F1) отражает изменение уровня воды в водоеме, связанное с процессами эвтрофикации, и характеризуется антагонизмом элементов биогенных-эвтрофикаторов к элементам обломочной фракции (P_2O_5 , SiO_2 / TiO_2 , Al_2O_3 , Zr, Nb).

Фактор (F2) отражает изменение биопродуктивности водоема (Fe_2O_3 , Ni, Zn, V / CaO, Sr).

На рис. 3 изображены результаты проведенных анализов и их интерпретация.

Интервал 762–746 см (зона 1) представлен серой опесчанной глиной с прослоем песка и включениями дресвы. Формирование отложений происходило в глубоководных условиях проточного водоема. Климатические условия можно охарактеризовать, как прохладные и сухие ($\text{CIA} = 0,50\text{--}0,60$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1\text{--}1,15$, ППП = 1–3 %). Наличие

песка указывает на поступление минеральной составляющей в водоем. Крупнозернистый песок, вероятнее всего, начал откладываться после интенсивного таяния мертвого льда, в результате сноса талыми водами освободившегося материала. Положительные значения второго фактора указывают на развитие диатомовых водорослей.

Интервал 746–730 см (зона 2) характеризуется сменой серой глинистой гиттии светло-серой опесчаненной гиттией, также наблюдается изменение размерности песчаной фракции: крупнозернистый песок сменяется мелкозернистым. В данной зоне имеются два прослоя гиттии с примесью плохо разложившейся органики чёрного цвета, в которых были обнаружены довольно крупные фрагменты древесины. Резкое изменение характера отложений в сторону увеличения доли органики в отложениях указывает на быстрые изменения природных условий. По данным геохимических показателей происходит заболачивание водоема, формирование восстановительных условий среды (повышенное содержание Zn , Pb , $Fe_2O_{3\text{tot}}$), увеличивается щелочность среды (повышенные значения MnO , CaO , Sr), немного уменьшается глубина водоема. На это также указывают положительные значения 1-го и 2-го факторов. Отложения на глубине 746–738 см формировались в условиях сравнительно влажного и теплого климата (CIA повышается до 0,62, Na_2O/K_2O уменьшается до 0,9). На глубине 734–730 см происходит изменение климата в сторону более прохладных и сухих условий ($CIA = 0,55–0,58$, $Na_2O/K_2O = 1,15$).

Интервал 730–666 см (зоны 3,4) представлен преимущественно тёмно-оливковой опесчаненной гиттией, сформированной в результате повышения биопродуктивности водоема при сохранении сноса песчаного материала. Формирование отложений происходит в условиях сравнительно теплого и влажного климата ($CIA = 0,66–0,70$, $Na_2O/K_2O = 1,05–0,85$). Осадконакопление происходит в достаточно глубоководном, хорошо прогреваемом водоеме, богатом органикой. Отмечаются уменьшение содержания Zn , Pb , Fe_2O_3 . Усиливаются процессы эрозии, которые характеризуются увеличением элементов обломочной фракции и устойчивых минералов (Zr , Al_2O_3 , SiO_2). Отрицательные значения первого и второго факторов подтверждают это. Резкие изменения режима водоема фиксируются в отложениях на глубине 702 см. В этот период по данным геохимических показателей фик-

сируется резкое изменение климатических условий в сторону сухого и прохладного климата ($CIA = 0,63$, $Na_2O/K_2O = 1,4$), уровень водоема высокий, проточные условия (низкие содержания Zn , MnO , повышенные содержания CaO , Sr).

Интервал 666–635 (зона 5) представлен оливковой опесчаненной гиттией. Климатические условия формирования отложений можно охарактеризовать как влажные и теплые ($CIA = 0,70–0,71$, $Na_2O/K_2O = 0,75–0,8$, ППП до 62%). На побережье водоема увеличиваются эрозионные процессы, которые ведут к накоплению в водоеме элементов обломочной фракции и тяжелых минералов (Zr , Al_2O_3 , TiO_2 , отрицательные значения 1-го фактора). Вместе с этим происходит увеличение органической составляющей, происходит переход к более восстановительным и щелочным условиям достаточно глубоководного, хорошо прогреваемого водоема (повышенные концентрации Zn , MnO , положительные значения 2-го фактора).

Интервал 635–582 (зона 6) представлен оливковой гиттией, с постепенным трендом к понижению органического вещества. Примеси песка в данном горизонте отсутствуют, что может быть связано с практически полным прекращением сноса песчаного материала. Усиливаются процессы заболачивания водоема. Подобные изменения седиментации могут быть объяснены наступлением сухого суббореального периода;

Интервал 582–550 см (зона 7) представлен оливковой гиттией. В химическом составе донных отложений большая доля приходится на элементы-эвтрофикаторы (Sr , P_2O_5) и биогенные элементы (CaO , Sr). На процессы эвтрофикации в оз. Масельское указывают также и другие исследователи [2, 9]. На увлажнение климата в этот период указывают увеличение эрозионных процессов (отрицательные значения $F1$) и накопление элементов терригенного генезиса.

Реконструкция природных условий Беломорского сектора рассматриваемой территории по результатам изучения донных отложений оз. Вильно

В результате статистической обработки результатов геохимического анализа кернов донных отложений оз. Вильно выделено три группы элементов с высокими корреляционными связями и рассчитано два фактора.

Высокие корреляционные связи между элементами Al_2O_3 и $Fe_2O_{3\text{tot}}$ свидетельствуют о том, что железо находится в форме

алюмосиликатов (биотит, монтмориллонит, амфиболы и др.), а не в форме окислов и гидроокислов. Высокие корреляционные связи между элементами MgO и K_2O свидетельствуют, что магний входит в состав таких минералов, как биотит, смектит. Положительные корреляционные связи CaO , K_2O , Na_2O свидетельствуют о том, что эти элементы, входят, главным образом, в состав основных плагиоклазов и полевых шпатов. SiO_2 в составе представленных отложений имеет отрицательные корреляционные связи с Al_2O_3 , Zr , Na_2O , K_2O , что позволяет утверждать, что его основной источник – это биогенный кремнезем, образующийся в результате деятельности диатомовых водорослей. SiO_2 также имеет высокую положительную корреляцию с Zn , что показывает, что их совместное накопление могло происходить в восстановительных условиях. Положительные корреляции SiO_2 с группой элементов (MnO , Ni , P_2O_5) также свидетельствуют о биогенном характере кремнезема.

Al_2O_3 , TiO_2 , Zr , K_2O , Rb , V , Cr , Fe_2O_{3tot} , CaO , – элементы, входящие в состав глинистых минералов и устойчивых выветриванию минералов.

MnO , Zn , Ni , P_2O_5 , – элементы, характерные для минералов, образующихся в щелочных, восстановительных условиях, при гниении растительных остатков. Совокупность этих элементов отражает процессы зарастания водоема и его эвтрофикации.

SiO_2 , Zn – в данном случае, эти элементы относятся к биогенным элементам и связаны с отложением биогенного кремнезема.

Фактор (F1) отражает изменение уровня воды в водоеме, связанное с процессами трансгрессии/регрессии и увеличение биопродуктивности, и характеризуется антагонизмом элементов (SiO_2) биогенного кремнезема к элементам обломочной фракции (TiO_2 , Al_2O_3 , Zr , Fe_2O_3 , K_2O).

Фактор (F2) (MgO , K_2O , CaO , Na_2O / MnO , Ni , Zn , Cu , P_2O_5) отражает изменение эвтрофикации водоема.

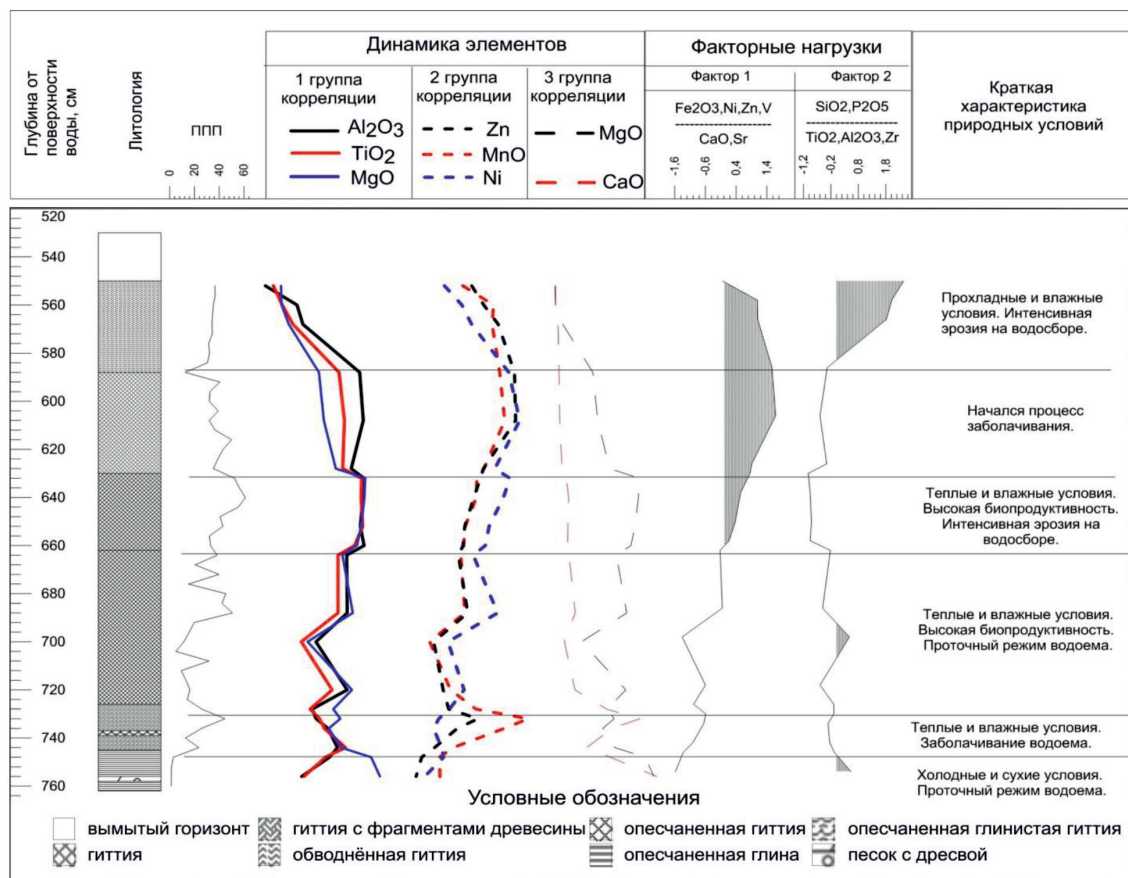


Рис. 3. Реконструкция природных условий Балтийского сектора рассматриваемой территории по результатам изучения донных отложений оз. Масельское

На рис. 4 изображены результаты геохимического анализа озера Вильно.

980–950 см – представлен глинистой гиттией. Формирование отложений происходило в проточном водоеме, наблюдается высокий уровень эрозии и сноса материала в водоем (отрицательные значения F1, показывающие накопление терригенной составляющей – TiO_2 , Al_2O_3 , Zr, Fe_2O_3 , K_2O).

Климатические условия можно охарактеризовать как влажные и прохладные ($\text{CIA} = 0,70\text{--}0,72$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,4\text{--}0,45$).

Интервал 950–940 см – темно-оливковая гиттия. Бессточный водоем, происходит накопление биогенных компонентов – SiO_2 , P_2O_5 (положительные значения F1 и F2). Условия становятся более сухими ($\text{CIA} = 0,69\text{--}0,7$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,4\text{--}0,46$).

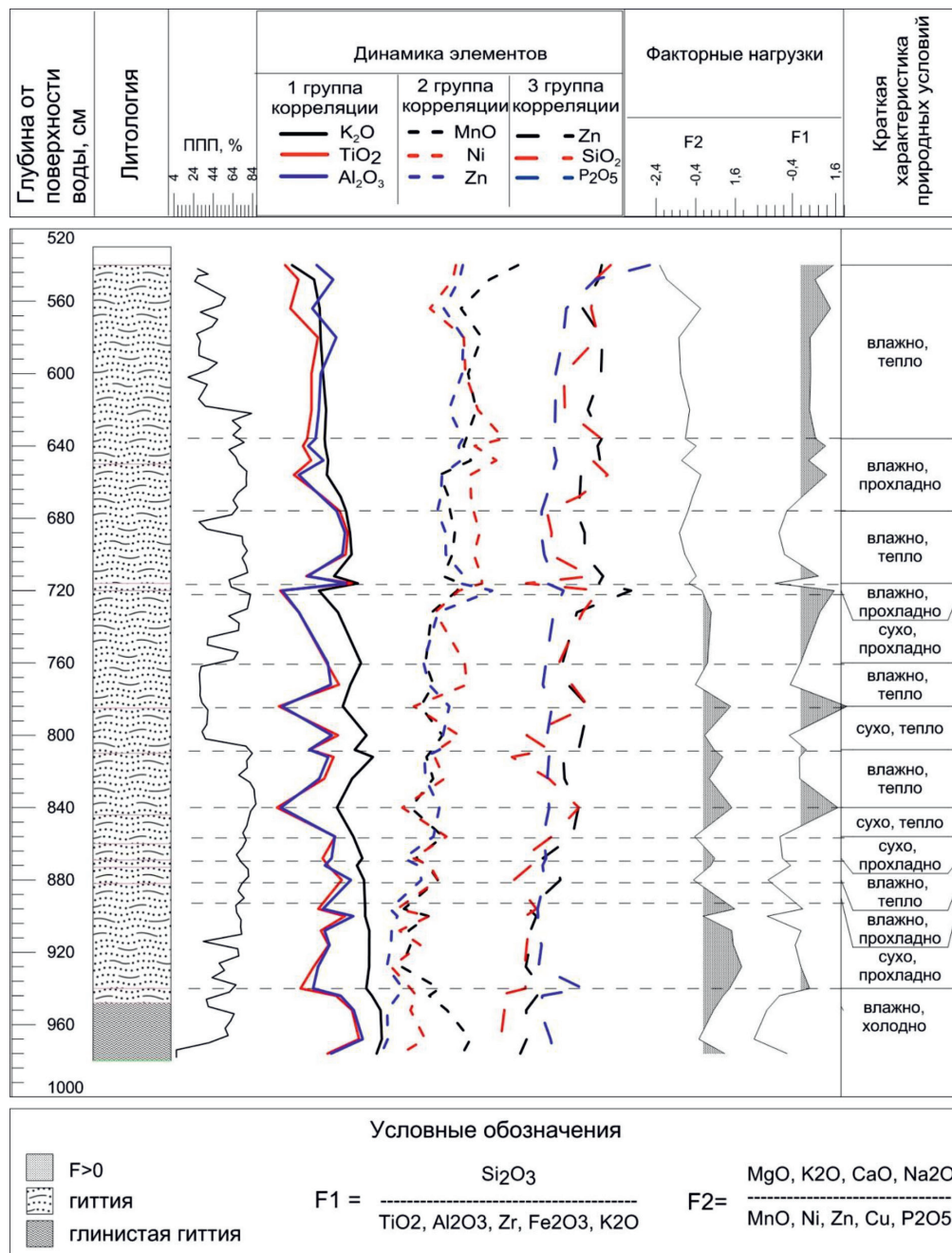


Рис. 4. Реконструкция природных условий Беломорского сектора рассматриваемой территории по результатам изучения донных отложений оз. Вильно

Интервал 940–890 см – представлен оливковой гиттией. Увеличение уровня воды и проточности (отрицательные значения F1 и положительные значения F2). Климат становится более влажным, увеличивается эрозия и уровень сноса (повышенные концентрации элементов терригенной составляющей). Осадконакопление в нижних слоях происходит в более теплых и сухих условиях, отложения в верхней части прослоя становятся более влажными и холодными ($CIA = 0,70–0,72$, $Na_2O/K_2O = 0,53–0,46$).

Интервал 890–880 см – представлен светло-оливковой гиттией. Увеличение влажности ($CIA = 0,73$, $Na_2O/K_2O = 0,41$), небольшое изменение в сторону более теплых климатических условий, увеличение проточности водоема (отрицательные значения F1), уменьшение уровня воды, эвтрофикация (отрицательные значения F2).

Интервал 880–872 см – представлен серовато-коричневой гиттией. Происходит увеличение глубины и проточности водоема (отрицательные значения F1, положительные значения F2). Климат влажный и теплый ($CIA = 0,71$, $Na_2O/K_2O = 0,29$).

Интервал 872–868 см – оливковая гиттия. Условия аналогичные предыдущим.

868–856 см – представлен светло-оливковой гиттией. Отрицательные значения F1 и F2 показывают, что уровень воды в водоеме немного уменьшается, тем не менее, он характеризуется повышенной проточностью и накоплением терригенных компонентов. Климат становится более сухим и прохладным ($CIA = 0,70$, $Na_2O/K_2O = 0,46$).

Интервал 856–840 см – представлен оливковой гиттией. Положительные значения F1 и F2 свидетельствуют о глубоководном водоеме, с высоким уровнем биопродуктивности (повышенные значения SiO_2 biog). Климатические условия сухие и более теплые, чем в предыдущий период ($CIA = 0,68$, $Na_2O/K_2O = 0,41$).

Интервал 840–804 см – представлен оливковой гиттией. Отрицательные значения F1, и положительные значения F2 показывают, что увеличивается глубина водоема, проточность и накопление терригенных компонентов в процессе эрозии. Климат влажный и теплый ($CIA = 0,71–0,73$, $Na_2O/K_2O = 0,37–0,3$).

Интервал 804–784 см – представлен коричневой гиттией. Условия осадконакопления резко изменяются на глубине 788 см и характеризуются положительными значениями F1 и F2, что указывает на повышение

уровня биопродуктивности водоема и увеличение глубины водоема. Климатические условия характеризуются как теплые и сухие ($CIA = 0,69$, $Na_2O/K_2O = 0,33$).

Интервал 784–760 см – представлен серовато-коричневой гиттией. Климатические условия влажные и теплые ($CIA = 0,74$, $Na_2O/K_2O = 0,27$). Уровень водоема немного увеличивается, продуктивность растет.

Интервал 760–720 см – представлен серовато-коричневой гиттией. Климат становится более сухой и прохладный ($CIA = 0,70–0,68$, $Na_2O/K_2O = 0,47–0,52$). Водоем с повышенной биопродуктивностью, высоким уровнем воды.

Интервал 720–716 см характеризуется переходом от серовато-коричневой к светло-коричневой гиттии. Происходит резкое изменение уровня воды в водоеме. Уровень водоема понижается, продуктивность падает, увеличивается эвтрофикация (отрицательные значения F1, F2), повышается эрозия и количество терригенного материала в отложениях. Климатические условия характеризуются как влажные и прохладные ($CIA = 0,73$, $Na_2O/K_2O = 0,50$).

Интервал 716–676 см – представлен светло-коричневой гиттией. Происходит уменьшение уровня водоема и эвтрофикация (отрицательные значения F1, F2), увеличение процессов эрозии и накопления терригенных минералов. Климатические условия влажные и теплые ($CIA = 0,72–0,76$, $Na_2O/K_2O = 0,26–0,36$).

Интервал 676–636 см – представлен светло-коричневой гиттией. Уменьшение уровня воды, уменьшение проточности, эвтрофикация водоема (положительные значения F1, отрицательные значения F2). Климат влажный и достаточно прохладный ($CIA = 0,71–0,73$, $Na_2O/K_2O = 0,6–0,43$).

Интервал 636–540 см – представлен коричневой гиттией. Происходит дальнейшее уменьшение уровня воды и эвтрофикация водоема (положительные значения F1, отрицательные значения F2). Климат влажный, потепление ($CIA = 0,74–0,78$, $Na_2O/K_2O = 0,47–0,34$).

Выводы

Сравнивая динамику ППП и геохимический состав донных отложений озёр оз. Масельское и Вильно, можно прийти к следующим выводам.

Озера имеют различные источники сноса при накоплении терригенных отложений в результате процессов эрозии. Для водосборного бассейна оз. Масельское наибо-

лее характерны гранитно-гнейсовые породы, в то время как область сноса оз. Вильно, наиболее вероятно, сложена беломоридами, представленными, в основном, гранат-биотитовыми гнейсами, амфиболитами, а также чарнокитами и анортозитами.

В бассейне оз. Масельгское происходит небольшое накопление хемогенных карбонатов, в отличие от осадконакопления в оз. Вильно, возможно, это связано с тем, что в водосборном бассейне оз. Масельгское присутствуют породы, богатые карбонатами (например, моренные отложения). В целом, содержание карбонатов очень низкое.

Озера имеют различный гидрологический режим. В оз. Масельгское происходит постепенная эвтрофикация озера, связанная с накоплением биогенных компонентов и замедлением стока. В данной части озера от мезотрофного бассейна озеро переходит к эвтрофному режиму.

В оз. Вильно происходит частая смена гидрологического режима между проточными и непроточными условиями на протяжении всего осадконакопления, поэтому режим озера изменяется от олиготрофного до мезотрофного и наоборот, признаки эвтрофикации проявляются только в верхнем горизонте донных отложений. В периоды повышения уровня воды в отложениях накапливается биогенный кремнезем, который связан с развитием диатомовых водорослей. Проточные условия озера соответствуют накоплению терригенной составляющей в результате эрозионных процессов на побережье. Мелководные и непроточные условия соответствуют накоплению биогенной составляющей (растительных остатков). Увеличение влажности усиливает процессы эрозии на побережье, и снос в озеро терригенных, аллохтонных минералов. Увеличение температуры способствует увеличению биопродуктивности водоема и накоплению биогенного кремнезема.

Авторы статьи выражают искреннюю признательность учебно-исследовательской лаборатории геохимии окружающей среды им. А.Е. Ферсмана и администрации Кенозерского национального парка за обе-

спечение комфортных условий и помощь в проведении исследовательских работ. Исследование проводилось при поддержке РФФИ № 13-05-41457 РГО.

Список литературы

1. Брылкин В.В. Кенозерский национальный парк: на стыке двух морей и океанов [Текст] / В.В. Брылкин, И.А. Королёв, Ю.А. Кублицкий, А.В. Орлов, А.Е. Шаталова // IV международная научно-практическая конференция «Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие» РГПУ им. А.И. Герцена. – СПб., 2016. – С. 72–74.
2. Воробьева Т.Я. Оценка экологического состояния озер Кенозерского Национального парка (Архангельская область) [Текст] / Т.Я. Воробьева, О.Ю. Морева, Е.И. Собко, Л.С. Широкова, С.А. Забелина, С.И. Климов, Н.В. Шорина, О.С. Покровский, А.А. Ершова, А.В. Чупаков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара: СНЦ РАН, 2013. – С. 825–831.
3. Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие [Текст] / И.В. Скляр и др. / Под ред. Е.В. Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг. – 2001. – 288 с.
4. Кенозерский национальный парк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kenozero.ru> (дата обращения: 15.02.2017).
5. Кублицкий Ю.А. Реконструкция изменений природно-климатических обстановок в конце плейстоцена и голоцене по данным геохимического анализа донных отложений оз. Камышовое / Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, М.А. Кулькова, О.А. Дружинина, Х.А. Арсланов // Фундаментальные проблемы квартара, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы IX Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Иркутск, 15–20 сентября 2015 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 248–250.
6. Субетто Д.А. Палеолимнологические исследования в Северной Евразии / материалы конференции: Палеолимнология Северной Евразии. Опыт, методология, современное состояние Proceedings of the International Conference. North-Eastern Federal University, Russian Academy of Sciences. – Якутск, 2016. – С. 10–13.
7. Субетто Д.А., Прыткова М.Я. Донные отложения разнотипных водоемов. Методы изучения / ИВПС КарНЦ РАН, ИНОЗ РАН, ФГБОУ ВПО РГПУ им. А.И. Герцена. – Петрозаводск. 2016. – 89 с.
8. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции / Д.А. Субетто. – СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. – 344 с.
9. Pokrovsky O.S. Size Fractionation of Trace Elements in a Seasonally Stratified Boreal Lake: Control of Organic Matter and Iron Colloids Aquatic Geochemistry / L.S. Широкова, S.A. Zabelina, T.Ya. Vorobieva, O.Yu. Moreva, S.I. Klimov, A.V. Chupakov, N.V. Shorina, N.M. Kokryatskaya, S. Audry, J. Viers, C. Zoutien. – Berlin. New York: Springer, 2012. – V 2. – P. 115–139.
10. Santisteban J.I. Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments / J.I. Santisteban, R. Mediavilla, E. Lypetz-Pamo, C.J. Dabrio, M.B.R. Zapata, M.J.G. Garcia, S. Castano, P.E. Martinez-Alfaro // Journal of Paleolimnology 32. – 2004. – P. 287–299.

УДК 551.583

ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Науменко М.А., Каретников С.Г.

ФГБУН «Институт озераведения Российской академии наук», Санкт-Петербург,

e-mail: naumenko@limno.org.ru

Статистический анализ изменений температуры воздуха в северной части Ладожского озера (метеостанция Сортавала) позволил детально проанализировать климатические изменения, за период с 1945 по 2015 гг., а также для двух периодов: до 1980 г. и после 1980 г. Сделаны оценки трендов среднегодовых температуры воздуха, изменения трендов для каждого месяца года, проанализированы тренды дат начала и конца периодов положительных и отрицательных температур, тренды суточной амплитуды и тренды экстремумов температуры воздуха. В первый период практически не было значимых трендов для разных периодов осреднения. Было подтверждено, что зимние изменения превышают летние. За 70-летний период времени отмечалось не постепенное (монотонное) увеличение температуры воздуха на севере Ладожского озера, а достаточно резкое (скачкообразное) с 1980-х годов по наше время. Во второй период значимое повышение температуры воздуха произошло в марте, апреле и мае. Изменения температуры теплого периода незначительны.

Ключевые слова: многолетние тренды температуры воздуха, продолжительность теплого и холодного периодов, Ладожское озеро

THE FEATURES OF MULTI-YEAR VARIATIONS OF AIR TEMPERATURE IN THE NORTH OF LAKE LADOGA

Naumenko M.A., Karetnikov S.G.

Institute of Limnology Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, e-mail: naumenko@limno.org.ru

Statistical analysis of the changes in air temperature in the northern part of Lake Ladoga (Sortavala meteorological station) allowed to analyze of climate change in detail, to determine changes in trends for each month of the year for the period from 1945 to 2015, and for two periods before and after 1980. In the first period there were virtually no significant trends for different periods of averaging. It was confirmed that the changes in winter exceed in summer ones. Significant trends in temperature especially in March and April are above the average. In contrast of this there is the small air temperature changes of the warm period.

Keywords: long-term temperature trends, the duration of warm and cold periods, Lake Ladoga

Внутривековая изменчивость температурного режима прибрежных районов Ладожского озера оказывает влияние на функционирование экосистемы озера, на её биотическую и абиотическую составляющие и является показателем изменений климата.

Современные климатические изменения на Северо-Западе Европейской части Российской Федерации были проанализированы в работах карельских учёных [2, 13], было показано, что в районе Онежского озера изменения средней годовой температуры для всех пунктов наблюдения были синхронны, а изменения в температурном режиме Карелии привели к смещению дат наступления климатических периодов года. Для территории России В.М. Мирвис [6] показала, что наиболее статистически значимым за последнее столетие является повышение температуры воздуха весной, а также в первой половине зимы, а также было продемонстрировано изменение продолжительности периодов вегетации

в XX веке [5, 7]. Оценка сезонных особенностей изменения климата в Северо-Европейском регионе выполнена Е.К. Ульянец с соавторами [12]. Анализ многолетних изменений температуры воздуха на земном шаре показал, что она изменяется не монотонно, есть периоды потепления и похолодания [3], более того, увеличение температуры очень неравномерно по сезонам [11]. На европейской части России за последние 30 лет (1976–2005 гг.) положительный тренд составил 0,4–0,48 °C/10 лет, что превышает величину роста глобальной температуры воздуха. Вообще говоря, климатические изменения в отдельном регионе во многом определяются не только глобальными процессами, но и местными физико-географическими условиями, что в полной мере относится к крупнейшему в Европе Ладожскому озеру. Оценка трендов только среднегодовой температуры воздуха данного региона не позволяет выявить структуру температурных вариаций внутри года от сезона к сезону, от месяца к месяцу.

Представляется очевидным, что статистические характеристики, в том числе величина тренда, зависят от периода осреднения, например, это было показано в [6]. В статье [9] обсуждался анализ изменений линейных трендов температуры воды при изменении масштабов осреднения в интервале от 1 до 20 суток. Наибольший коэффициент детерминации, описывающий 30–40% общей изменчивости, достигается при масштабе осреднения от 4 до 8 суток.

При статистических оценках в большинстве случаев прямо или косвенно используется среднее значение переменных, которое меняется в зависимости от выбора периода осреднения. По рекомендациям ВМО период, который может быть использован для климатических оценок, не должен быть менее 30 лет [14]. Целью настоящей работы являлось проведение детального анализа климатических изменений температурного режима севера Ладожского озера

на основе последовательного статистического анализа трендов от годового периода осреднения до выявления трендов в величинах экстремумов температуры воздуха и дат их возникновения. При этом необходимо использовать не только оценки трендов среднегодовых температуры воздуха, но также проанализировать тренды дат начала и конца периодов положительных и отрицательных температур, тренды среднемесячных значений температуры и её суточной амплитуды и тренды экстремумов [1]. Исходные данные и методические аспекты их обработки.

Для характеристики температурного режима прибрежной части Ладожского озера был подготовлен временной ряд минимальной, средней, максимальной ежедневных температур воздуха на метеорологической станции Сортавала, расположенной на северном побережье озера, за период с 1945 по 2015 гг.

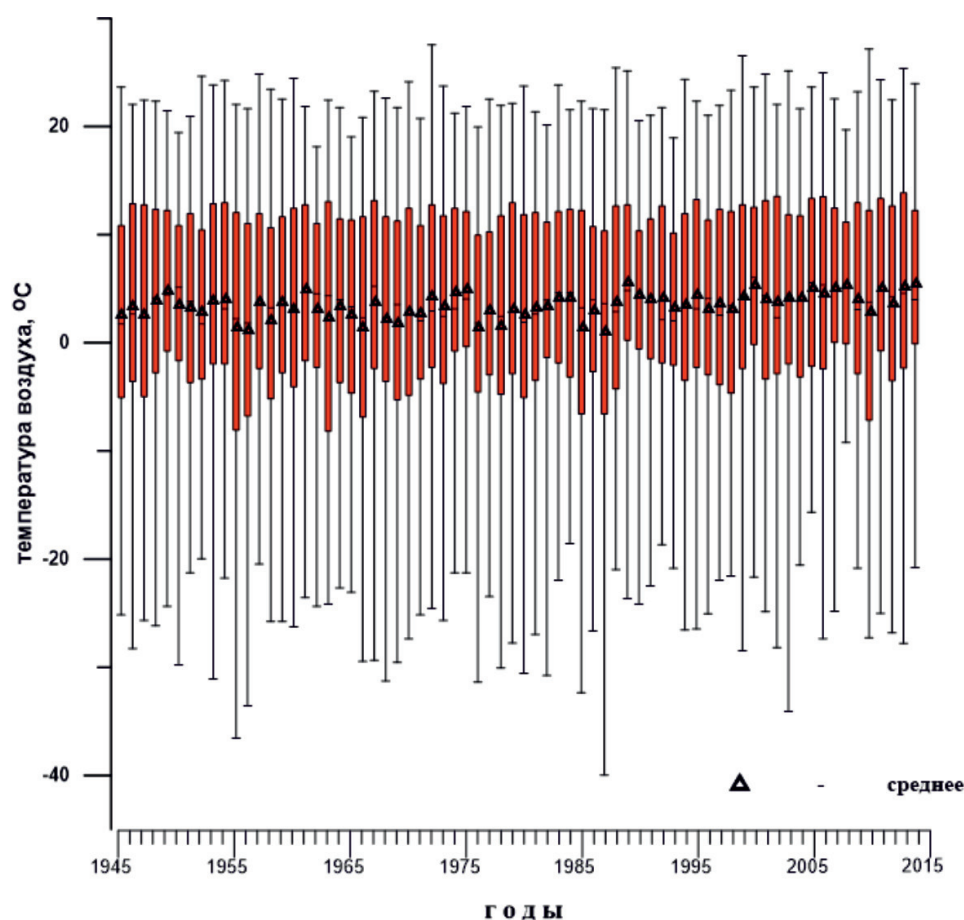


Рис. 1. Многолетние изменения характеристики (минимум, максимум, 25–75% квантили) температуры воздуха по м/с Сортавала

Многолетние изменения температуры воздуха приведены на рис. 1 в виде «ящичков с усами». Обращает на себя внимание то, что максимумы температуры, так же как и 75 % квартильные значения имеют меньшую изменчивость, чем 25 % квартили и минимум температуры за весь рассматриваемый период. Этот факт косвенно подтверждается в справочнике по климату СССР [10], где указывается, что наибольшие значения среднеквадратического отклонения за декаду отмечаются в январе – феврале (7,5–8,2 °C) в период минимальных температур, наименьшее – в июле (2,6–3,2 °C) в период максимальных температур. Для оценки климатических изменений в связи с рекомендациями Всемирной метеорологической организации [14] исходный ряд был разбит на две половины продолжительностью более 30 лет: 1) с 1945 по 1980 гг. и 2) с 1979 по 2015 гг. Для достижения совместимости ряды перекрывались на два года. На рис. 2 приведена разность среднесуточных значений температур воздуха между вторым и первым периодом. Жирной линией показано скользящее тридцатидневное среднее.

Очевидно, что второй период теплее, чем первый во все месяцы года.

Однородность рядов по среднему и дисперсии оценивалась при помощи критериев Стьюдента, Фишера, Левина и теста Брауна-Форсайта. Статистическая значимость

линейных трендов была определена при 5 % уровне значимости с использованием критерия Стьюдента. Критическое значение коэффициента детерминации R^2 , выраженное в процентах, для $n = 71$ равно 5,45 % и для $n = 36$ соответственно равно 10,8 % [4].

Анализ результатов

Статистический анализ многолетних изменений температуры воздуха выполнялся на основе анализа «вложенных» периодов осреднения и проводился в несколько этапов. На первом этапе выявлен значимый положительный линейный тренд среднегодовых температур воздуха за весь исследуемый период. Проверка ряда на однородность показала, что он не однороден: среднегодовая температура первой половины ряда меньше, чем соответствующая температура второго ряда на один градус. В табл. 1 и в последующих таблицах жирным шрифтом выделены значимо отличающиеся средние по критерию Стьюдента.

Сравнение среднегодовой температуры воздуха по м/с Сортавала за тридцатилетний период (с 1891 по 1920 гг.) (2,5 °C) [8] с значениями из табл. 1 свидетельствует, что температурный режим в конце девятнадцатого – начале двадцатого века на Ладожском озере был суровее, чем в конце двадцатого – начале двадцать первого века.

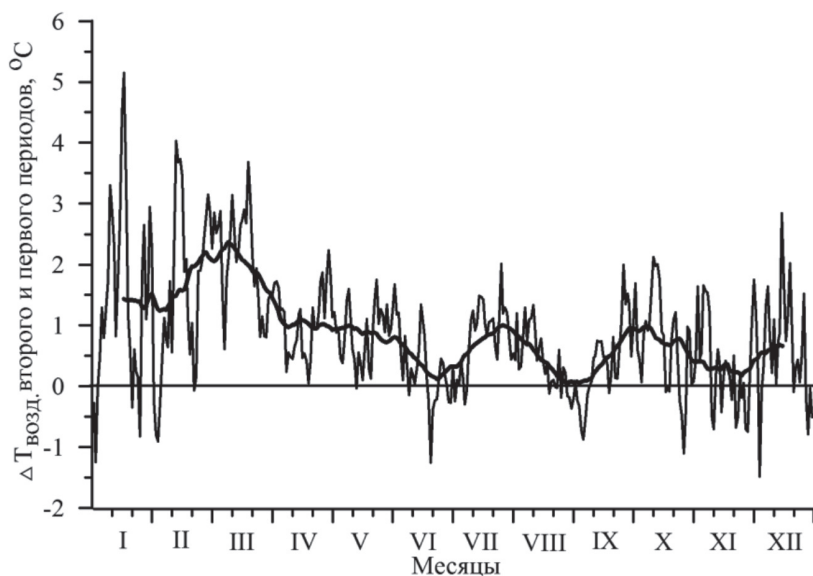


Рис. 2. Разность среднесуточных значений температуры воздуха по м/с Сортавала между периодами 1945–1980 гг. и 1979–2015 гг. Жирной линией показано скользящее тридцатидневное среднее

Таблица 1

Средние значения и характеристики линейных трендов среднегодовых температур воздуха по м/с Сортавала (°C/год)

Годы	Среднее, °C	Значимые тренды	Коэффициент детерминации R^2 , %
1945–1980	3,0	–	–
1979–2015	4,0	0,069	32,3
Весь ряд 1945–2015	3,55	0,029	21,6

Примечание. «–» означает отсутствие значимого тренда.

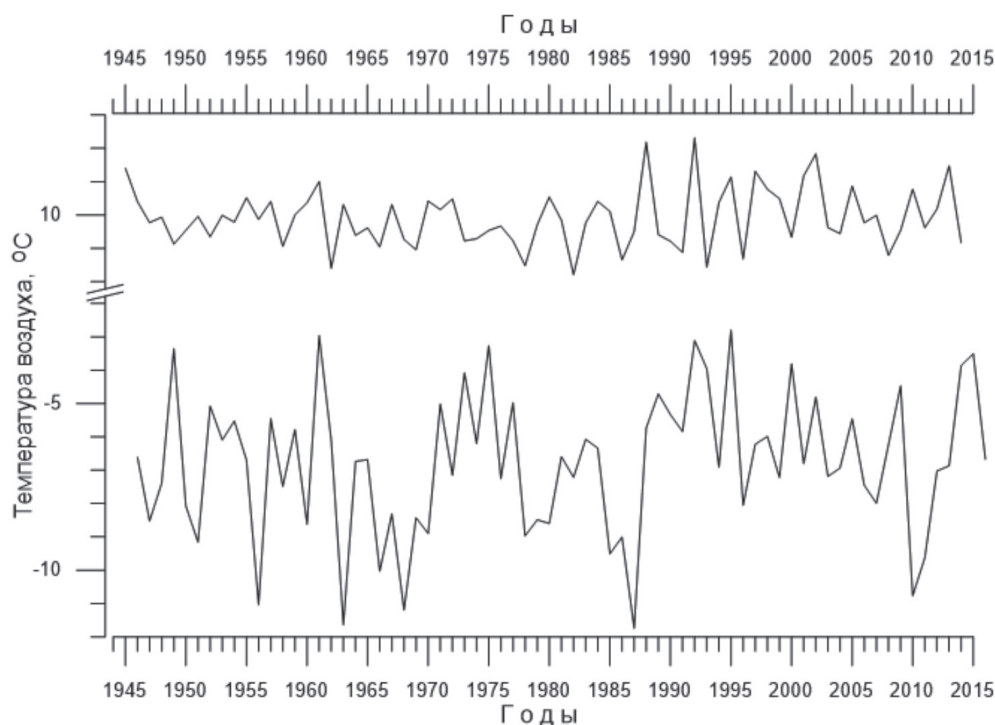


Рис. 3. Изменения средней положительной (верхняя кривая) и средней отрицательной (нижняя кривая) температуры воздуха по м/с Сортавала с 1945 по 2015 гг.

В первый период (1945–1980 гг.) тренд среднегодовых температур был незначим, тогда как за второй период (с 1979–2015 г.) тренд значим и в два раза больше по сравнению со средним за весь период наблюдений и составляет более 30% общей дисперсии процесса.

Временные изменения среднегодовых значений температуры не позволяют исследовать особенности изменения температурного режима в периоды с устойчивыми положительными и устойчивыми отрицательными температурами воздуха. Второй этап заключался в анализе параметров, характеризующих эти периоды. На рис. 3 показаны временные изменения средней положительной за год и средней отрицательной

за год температуры воздуха за исследуемый период. Обращает на себя внимание, что амплитуда отрицательных температур и степень их изменчивости значительно больше, чем положительных температур.

В первый период (1945–1980 гг.) нет значимых трендов во временных рядах ни одной из рассматриваемых характеристик. Устойчивый переход температуры воздуха через 0 °C к отрицательным значениям происходит во второй декаде ноября. Нет значимых различий ни в дате перехода, ни в средней температуре для первого и второго периодов. Однако во второй период (1979–2015 гг.) обнаруживается положительный тренд в датах перехода к отрицательным значениям.

Таблица 2

Средние значения и характеристики линейных трендов периодов отрицательных и положительных температур воздуха по м/с Сортавала

Периоды	1945–1980	1979–2015			1945–2015	
Характеристики	Среднее	Среднее	Тренд	R ²	Тренд	R ²
Дата перехода к отрицат. темп.	12,11	17,11	0,70	14,8	0,20	5,7
Средняя отрицат. температура, °C	– 7,1	– 6,4	–	–	–	–
Продолжительность периода (–), сутки	145	133	– 0,93	16,7	– 0,39	11,3
Дата перехода к полож. темп.	07,04	31,03	–	–	– 0,20	8,4
Средняя полож. температура, °C	9,7	10,0	–	–	–	–
Продолжительность периода (+), сутки	220	232	1,0	16,3	0,40	11,5

Таблица 3

Средние значения и характеристики линейных трендов среднемесячных температур воздуха по м/с Сортавала (°C/год)

Периоды	Среднемесячные				1945–2015	
	1945–1980	1979–2015				
Месяцы	ср., °C	ср., °C	тренд	R ²	тренд	R ²
январь	– 9,6	– 8,2	–	–	–	–
февраль	– 9,8	– 8,2	–	–	–	–
март	– 5,6	– 3,6	–	–	0,059	14,9
апрель	1,3	2,4	–	–	0,027	11,5
май	8,1	9,0	–	–	0,026	12,0
июнь	13,8	14,1	–	–	–	–
июль	16,4	17,3	0,056	12,1	0,026	10,0
август	14,9	15,2	0,052	20,3	–	–
сентябрь	9,5	10,1	0,065	22,8	–	–
октябрь	3,8	4,6	–	–	–	–
ноябрь	– 1,16	– 0,93	–	–	–	–
декабрь	– 6,0	– 5,23	–	–	–	–

Продолжительность периода с отрицательными температурами, так же, как и периода с положительными температурами, для двух половин ряда указывает на неоднородность всего ряда и уменьшение периода отрицательных температур со скоростью около суток в год с 1979 по 2015 г., но с небольшим коэффициентом детерминации. С такой же скоростью увеличивается продолжительность периода положительных температур при неизменности средней температуры этого периода. Во второй половине ряда наступление устойчивого перехода через 0 °C в сторону положительных температур происходит раньше, чем в первой половине: в конце марта, а не в первой декаде апреля.

Следующий этап – это анализ изменчивости среднемесячных температур воздуха для конкретизации существования устойчивых (значимых) трендов в этом временном интервале и элиминирования годового хода температуры воздуха.

Тренды, определенные по среднемесячным температурам воздуха, для всего периода (с 1945 по 2015 гг.) были значимы для трех весенних месяцев (март, апрель, май) (табл. 3). Наибольшая величина тренда отмечалась для марта и равна 0,059 °C/год.

В первой половине (с 1945 по 1980 гг.) исследуемого периода тренды были незначимы так же, как и за весенние месяцы второго периода. Однако значимые тренды в июле – августе и сентябре – ноябре за второй период превышали 0,06 °C/год (табл. 3).

Неоднородность среднемесячных температур для весенних месяцев является важной особенностью временных рядов, указывающей на произошедшую перестройку во второй половине исследуемого периода с тенденцией на увеличение весенних температур воздуха на севере Ладожского озера.

Для двух половин исследуемого периода были рассчитаны коэффициенты вариации среднемесячных температур. Как в первый, так и во второй период наибольшие коэф-

коэффициенты вариации имеют место в месяцы перехода температуры воздуха через 0°C весной и осенью (рис. 4). Однако во второй период (1979–2015 гг.) весной возникновение максимума произошло на месяц раньше по сравнению с первым периодом.

Анализ суточных амплитуд температур воздуха для каждого месяца на м/с Сортавала указывает на то, что в первой

половине исследуемого ряда (с 1945 по 1980 гг.) тренды были незначимы, однако с января по август ряды не однородны, кроме двух месяцев: апреля и мая (табл. 4). Амплитуды имеют тенденцию к уменьшению. Во второй половине ряда скорость уменьшения амплитуды колеблется от 0,04 до 0,08 $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ и может объяснять от 17 до 40 % дисперсии.

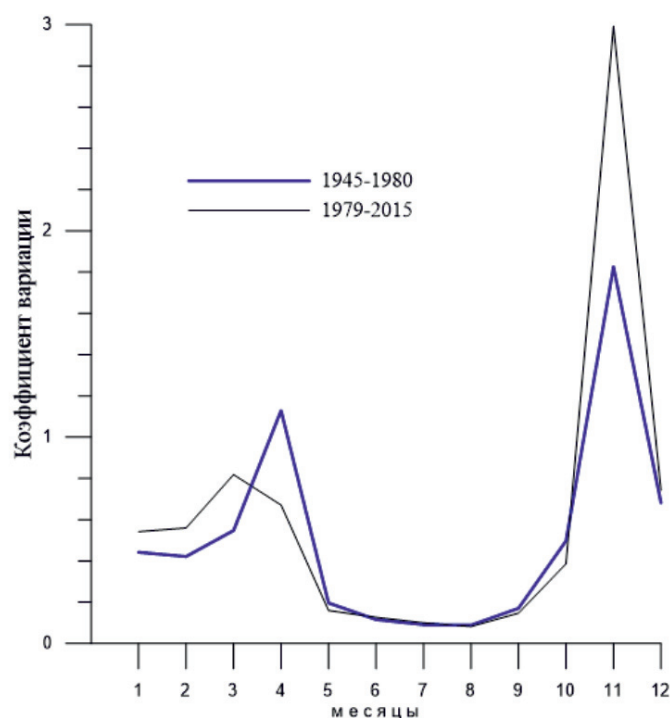


Рис. 4. Временной ход коэффициента вариации для двух периодов

Таблица 4

Средние значения и характеристики линейных трендов суточных амплитуд температур воздуха по м/с Сортавала ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$)

	Среднемесячные				Весь ряд 1945–2015	
	1945–1980	1979–2015				
Месяцы	ср., °C	ср., °C	тренд	R ²	тренд	R ²
январь	7,3	6,1	– 0,087	30,2	– 0,033	18,4
февраль	7,7	6,9	– 0,076	23,3	– 0,024	8,7
март	9,7	7,8	–	–	– 0,048	15,9
апрель	8,2	8,5	–	–	–	–
май	10,4	10,2	– 0,059	22,9	–	–
июнь	10,5	9,5	– 0,049	18,0	– 0,022	14,3
июль	9,7	9,1	– 0,039	17,1	– 0,018	11,6
август	8,0	7,4	– 0,041	41,9	– 0,017	27,0
сентябрь	7,5	7,3	–	–	–	–
октябрь	5, 5	5,1	–	–	–	–
ноябрь	4,5	4,3	– 0,043	17,4	–	–
декабрь	6,1	5,6	– 0,085	29,3	–	–

Таблица 5

Средние значения и характеристики линейных трендов минимальных среднесуточных температур воздуха по м/с Сортавала (°C/год)

	Минимальные				Весь ряд 1945–2015	
	1945–1980			1979–2015		
Месяцы	ср., °C	тренд	R ²	ср., °C	тренд	R ²
январь	– 22,8	– 0,186	15,6	– 22,7	–	–
февраль	– 20,3	–	–	– 19,4	–	–
март	– 16,6	–	–	– 11,4	0,13	28,0
апрель	– 5,11	–	–	– 3,4	0,045	8,1
май	2,1	–	–	2,7	–	–
июнь	8,0	–	–	8,5	–	–
июль	11,7	–	–	12,3	–	–
август	9,83	–	–	10,20	–	–
сентябрь	3,79	–	–	4,46	–	–
октябрь	– 3,2	–	–	– 2,48	–	–
ноябрь	– 10,2	–	–	– 10,44	–	–
декабрь	– 19,5	–	–	– 17,47	–	–

Таблица 6

Средние значения и характеристики линейных трендов максимальных среднесуточных температур воздуха по м/с Сортавала (°C/год)

	Максимальные				Весь ряд 1945–2015	
	1945–1980	1979–2015				
Месяцы	ср., °C	ср., °C	тренд	R ²	тренд	R ²
январь	0,1	1,4	–	–	0,030	5,8
февраль	– 0,02	0,7	–	–	–	–
март	2,4	3,0	–	–	–	–
апрель	6,8	8,8	–	–	0,043	13,6
май	15,3	16,3	–	–	0,037	9,2
июнь	19,9	20,3	–	–	–	–
июль	21,9	21,9	–	–	–	–
август	19,7	20,5	–	–	0,028	7,7
сентябрь	15,2	15,3	0,068	11,9	–	–
октябрь	9,7	10,3	–	–	–	–
ноябрь	5,7	5,8	0,082	13,5	–	–
декабрь	1,9	2,4	–	–	–	–

Следующий этап анализа трендов с помощью анализа «вложенных» периодов осреднения был направлен на определение трендов экстремумов. Минимальные среднесуточные температуры увеличиваются, но лишь в весенние месяцы (март и апрель) ряды неоднородны (табл. 5).

Анализ изменений максимальных среднесуточных температур воздуха за каждый месяц показал их увеличение, но при отсутствии значимых трендов за оба исследуемых периода. Только в январе и апреле ряды неоднородны (табл. 6).

Гистограммы суточных экстремумов температуры воздуха (минимумов и максимумов) представлены для зимнего и лет-

него сезонов для периода до 1980 г. и периода после 1980 г. (рис. 5 и рис. 6).

В первый период (1945–1980 гг.), когда практически не ощущались климатические изменения, наиболее вероятное появление минимальных температур воздуха имело место с десятого января по первую декаду февраля, причем величины минимумов изменялись от –36 по –30 °C. Во второй период (1979–2015 гг.) практически не произошло временного сдвига даты максимумов, но их величины имеют тенденцию к увеличению (–33 – –24 °C).

Максимальные температуры воздуха в первый период возникали в конце июля и составляли 27–30 °C. Во второй период

гистограмма максимальных значений температур воздуха стала более полой, и, следовательно, максимумы могут возникать

в июле или в августе. Оценки максимумов могут изменяться в большем диапазоне, чем в первый период.

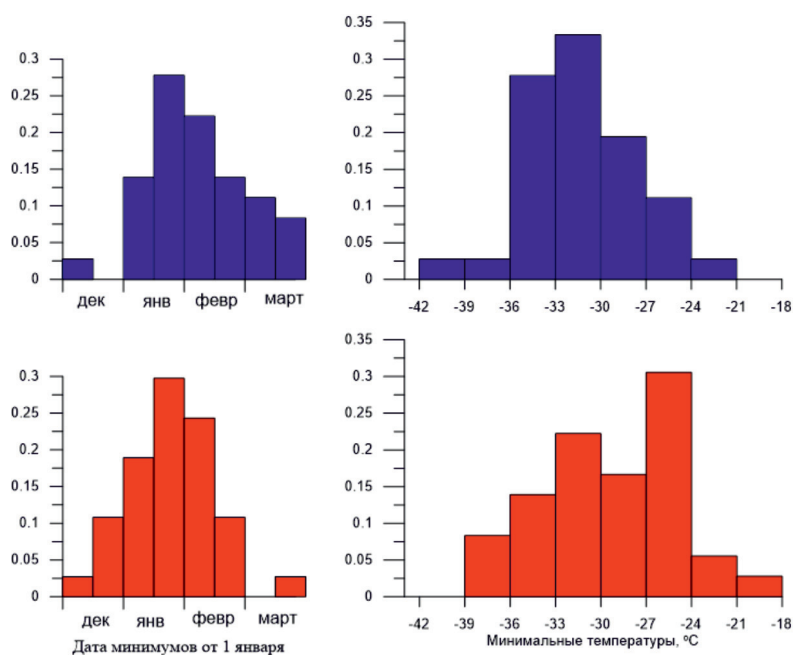


Рис. 5. Гистограммы распределения дат минимумов температуры воздуха и их значений за первый период (верх) и второй период (низ)

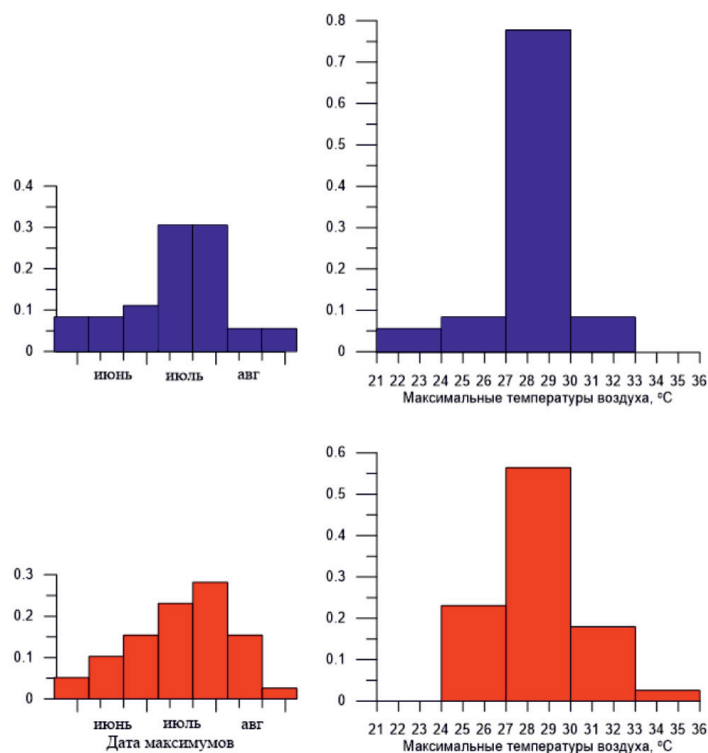


Рис. 6. Гистограммы распределения дат максимумов температуры воздуха и их значений за первый период (верх) и второй период (низ)

Выводы

Статистический анализ изменений температуры воздуха в северной части Ладожского озера (м/с Сортавала) позволил детально проанализировать климатические вариации, определить изменения трендов для каждого месяца года за период (с 1945 по 2015 гг., а также за два периода с 1945 по 1980 гг. и 1979 по 2015 гг.) и подтвердил, что зимние изменения превышают летние. Особенности климатических изменения температуры воздуха были сведены в итоговые таблицы. В первый период практически не было значимых трендов для разных периодов осреднения (от года до месяца).

За период с 1979 по 2015 гг. преобладают положительные тренды с ярко выраженным потеплением в холодное полугодие [15]. Значимые различия (неоднородность по среднему и дисперсии) указывают на произошедшее повышение температуры воздуха в марте, апреле, мае, начиная с 1980 г. Этот вывод подтверждают менее суровые ледовые условия Ладожского озера в начале XXI века. Ладожское озеро практически четыре года подряд (с 2013 по 2017 гг.) полностью не покрывалось льдом впервые за последние 75 лет.

Продолжительность периода устойчивых положительных температур увеличилась, но средняя температура этого периода практически не изменилась.

Подводя итог, можно с вероятностью не менее 95 % констатировать, что на севере Ладожского озера произошло значимое увеличение температуры воздуха в марте–апреле по отношению в предыдущему периоду 1945–1980 гг. За 70-летний период времени отмечалось не постепенное (монотонное) увеличение температуры воздуха на севере Ладожского озера, а достаточно резкое (скачкообразное) с 1980-х годов по наше время, что послужило основной причиной нарушения однородности рядов температуры воздуха в зимне-весенний период и не позволяет анализировать межгодовые колебания в рамках стационарности процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований 16–55–76025 ЭРА_а.

Список литературы

1. Воробьев В.И., Расторгуева А.А. Некоторые особенности многолетнего режима ежедневных значений максимальной и минимальной температуры воздуха в Санкт-Петербурге на рубеже веков. Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2012. – № 25. – С. 59–67.
2. Крупнейшие озёра-водохранилища Северо-Запада Европейской территории России. Отв. ред. Филатов Н.Н. – Петрозаводск, 2015. – 376 с.
3. Крышнякова О.С., Малинин В.Н. К анализу трендов в колебаниях температуры воздуха и осадков на Европейской территории России // Известия РГО. – 2009. – Т. 141, вып. 2. – С. 23–30.
4. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. – СПб., 2008. – 408 с.
5. Малинин В.Н., Гурьянов Д.А. Межгодовая изменчивость климатических сезонов в Санкт-Петербурге // Известия РГО. – 2015. – Т. 147, вып. 5. – С. 17–27.
6. Мирвис В.М. Закономерности изменения режима температуры воздуха на территории России в последнее столетие. В кн. Изменения климата и их последствия. – СПб.: Наука, 2002. – 269 с.
7. Мирвис В.М., Гусева И.П. Оценки изменения продолжительности безморозного периода вегетации на территории России и сопредельных государств в XX веке // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 1. – С. 106–113.
8. Молчанов И.В. Ладожское озеро. – М.-Л., 1945. – 558 с.
9. Науменко М.А., Гузиватый В.В., Каретников С.Г. О климатических трендах температуры поверхности воды Ладожского озера в безлёдный период. Доклады Академии наук. – 2006. – Т. 408, № 5. – С. 675–678.
10. Научно-практический справочник по климату СССР. Серия 3. Части 1–6. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 692 с.
11. Панин Г.Н., Соломонова И.В., Выручалкина Т.Ю. Климатические тенденции в средних и высоких широтах Северного полушария. Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36, № 6. – С. 743–756.
12. Ульянец Е.К., Матрюков С.И., Червякова Н.В., Угрюмов А.И. Оценка сезонных особенностей изменения климата в Северо-Европейском регионе. Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2010. – № 13. – С. 70–82.
13. Филатов Н.Н., Назарова Л.Е., Сало Ю.А., Тержевик А.Ю. Оценки возможных изменений климата и их воздействие на некоторые характеристики гидрологического режима Ладожского и Онежского озёр. Водные ресурсы Европейского Севера России: итоги и перспективы исследований. – Петрозаводск, 2006. – С. 178–196.
14. IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 p.
15. O'Reilly C.M., Rowley R.J., Sharma S., Gray D.K., Hampton S.E., Read J.S., Schneider P., Lenters J.D., McIntyre P.B., Kraemer B.M., Weyhenmeyer G.A., Striale D., Dong B., Adrian R., Schmidt S.R., Allan M.G., Anneville O., Arvola L., Austin J., Bailey J.L., Naumenko M. et al. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. Geophysical Research Letters. – 2015. – Т. 42, № 24. – P. 10773–10781.

УДК 551.328

ДЕЗИНТЕГРАЦИЯ МЕРЗЛЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ

Рукович А.В., Рочев В.Ф.*Технический институт (филиал) СВФУ, Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru*

В Южной Якутии в настоящее время разрабатываются месторождения полезных ископаемых со сложными горно-геологическими условиями, к которым относятся глубокозалегающие россыпи, находящиеся в зоне вечной мерзлоты. Особенностью этих месторождений является наличие труднопромывистых глинистых песков с большим содержанием мелкого, пылеватого и тонкодисперсного золота. Интенсификация открытого способа разработки россыпных месторождений в районах распространения многолетнемерзлых отложений с целью уменьшения потерь ценного компонента в отходах, увеличения выхода концентрата в процессе обогащения может быть обеспечена только при наличии достоверной теории. На основании данной теории существует необходимость рассмотрения поведения глинистых пород в химической среде. Исследования показали, что в некоторых случаях, применение водных растворов солей приводит к увеличению интенсивности дезинтеграции мерзлого глинистого грунта на 20% по сравнению с использованием идеально чистой водной среды. Данный раствор предложено использовать для предварительной обработки отвалов мерзлых глинистых пород способом орошения при открытом раздельном способе разработки.

Ключевые слова: Южная Якутия, мерзлые породы, дезинтеграция, льдистость, исследования, глинистые породы, разрушение, теория

DISINTEGRATION OF FROZEN CLAY ROCKS UNDER THE INFLUENCE OF CHEMICAL FIELDS AND THE AQUATIC ENVIRONMENT

Rukovich A.V., Rochev V.F.*Technical institute (branch) of NIFU, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru*

In South Yakutia are currently being developed by the mineral deposits with complex mining and geological conditions, which include deep placer located in the permafrost zone. A feature of these deposits is the presence of труднообрабатываемых clayey Sands with a high content of fine silty and fine gold. The intensification of the open method of placer developments in the areas of distribution of permafrost sediments to reduce losses of valuable component in the waste, increasing the yield of the concentrate in the beneficiation process can be ensured only if there is a credible theory. Based on this theory, there is a need to consider the behaviour of pelitic rocks in the chemical environment. Studies have shown that in some cases, the use of aqueous solutions of salts leads to an increase in the intensity of the disintegration of the frozen clay soil on 20% in comparison with the use of perfectly clean water environment. This solution is proposed to use for pre-treatment of the dumps frozen clay rocks by means of irrigation with open separate method of development.

Keywords: Southern Yakutia, permafrost, disintegration, ice content, research, shale, fracture, theory

В южных районах Республики САХА на данный момент существуют месторождения с непростыми горно-геологическими характеристиками, в частности россыпи, залегающие на большой глубине и находящиеся в криолитозоне. Данные месторождения состоят из глинистых песков и в большом объеме содержат тонкодисперсное золото. Поэтому изучение разрушения мерзлых суглинков с целью полного извлечения полезного компонента становится одной из важнейших задач.

Кроме того, разработка теоретического фундамента усиления процесса дезинтеграции мерзлых глинистых песков на основе применения явления, объясняющего процесс денудации этих грунтов в водной среде, является актуальной. Ответ на эту проблему позволит улучшить гидравлический способ разработки мерзлых осадочных пород, увеличить извлечение полезного компонента при обогащении.

При нивации на денудацию многолетнемерзлых суглинков и супесей в водной среде нами учитывались результаты исследования по изменению естественного электрического поля, подтверждающие наличие с процессом теплоотдачи от воды мерзлой горной породе процессов водной фильтрации в поверхностный слой образца суглинка и эффекта электроосмоса.

Исходя из вышесказанного, предполагаем, что скорость денудации многолетнемерзлых суглинков при контакте с соляным раствором должна увеличиваться в сравнении с дистиллированной водой за счет процесса электроосмоса. Для этого нужно обеспечить соответствующий знак ионов в водном растворе. Движение жидкости внутрь образца суглинка в этом случае будет происходить за счет подвижности ионов под действием градиента электрического потенциала естественного электрического поля.

В нашем случае нарушение целостности образцов мерзлых суглинков и супесей в растворах солей происходит, в первую очередь, за счет действия двух механизмов: фильтрации и электроосмотического течения.

Фильтрация водного раствора солей в образец происходит за счет градиента давления на концах пор и трещин. Это происходит при совместном действии капиллярных сил, которые зависят от величины энергии поверхностного натяжения жидкости и радиуса пор, и вакуумного эффекта, связанного с фазовым уменьшением объема при таянии льда. Это усиливает подток раствора солей в образовавшиеся пустоты.

При замораживании суглинков и супесей между центральной областью образца и его поверхностью образуется разность потенциалов. В результате под действием естественного электрического поля возникает движение ионов солей, что объясняется присутствием электроосмотического течения.

В качестве воздействующего фактора для экспериментальных исследований нами были выбраны водные растворы солей хлорида натрия (NaCl) и хлорида цинка (ZnCl_2). Полярность ионов данных солей возле поверхности минеральных частиц в двойном электрическом слое соответствует полярности естественного электрического поля в образце мерзлых суглинков и супесей. Кроме того, использование данных солей может позволить оценить влияние радиуса ионов на скорость процесса электроосмоса.

Электроосмотическое перемещение жидкости в грунтах определяется неравномерным распределением ионов в сечении пор. Силы, вызывающие движение воды, действуют только в рыхлосвязанном слое [6, 7]. Поэтому остальная объемная часть воды в порах движется как одно целое, потому что за пределами этого слоя сил нет. В образце источником движения будет служить поверхность частиц. В процессе фильтрации поверхность частиц, наоборот, препятствует скольжению жидкости и тормозит ее движение. Движение же свободной воды происходит по слою связанной воды [4].

К уменьшению толщины гидратных оболочек вокруг минеральных частиц как раз приводит применение вместо воды раствора электролита. При этом уменьшается и толщина слоя рыхлосвязанной воды в порах. В свою очередь будет увеличиваться коэффициент фильтрации, так как ионы электролита более эффективно нейтрализуют заряд поверхности минеральных частиц

по сравнению с молекулами воды. В результате происходит увеличение эффективного сечения пор [2, 3, 5].

При экспериментальных исследованиях с применением водного раствора хлорида цинка сила разрушения образцов фактически оставалась постоянной при различных концентрациях соли.

Объясняется это тем, что ион Zn^{2+} имеет больший радиус, чем ионы H^+ и Na^+ . В результате их замещения происходит увеличение толщины прочносвязанной части двойного электрического слоя и одновременно уменьшение толщины рыхлосвязанной части. Большая валентность иона Zn^{2+} по сравнению с ионом Na^+ приводит к тому, что в случае раствора ZnCl_2 рыхлосвязанный слой будет сохраняться даже при высокой концентрации соли.

Процесс разрушения мерзлых песчано-глинистых образцов в водном растворе ZnCl_2 , сопровождающийся изменением объема образца, также обусловлен строением и энергетикой кристаллической решетки. Во льду атомы водорода непрерывно перемещаются в пространстве между каждой парой атомов кислорода. Данное смещение происходит в результате вращения молекул и флуктуаций колебаний. Для совершения атомом водорода скачка из одного положения в другое ему необходимо преодолеть упругое силовое поле узла кристаллической решетки. Скачок атомов водорода и изменение молекул отражаются на поляризации локального участка. Разрушение мерзлой породы происходит интенсивнее на локальных участках и распространяется в направлении минимальных сил связей и максимальных напряжений. Водный раствор ZnCl_2 не может увеличить разрыв всех этих связей и нарушить структуру образца в сравнении с поверхностными водами. При малых концентрациях ZnCl_2 происходит замещение молекул воды ионами. Увеличение концентрации приводит к упорядоченности гидратов (рис. 1).

Обменные процессы в данном случае обусловлены переходом катионов в породу.

Важнейшей характеристикой, определяющей активность электролита ZnCl_2 в водной среде, является ионная сила:

$$I = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2, \quad (1)$$

где I – ионная сила;
 m_i – концентрация каждого иона;
 z_i – валентность.

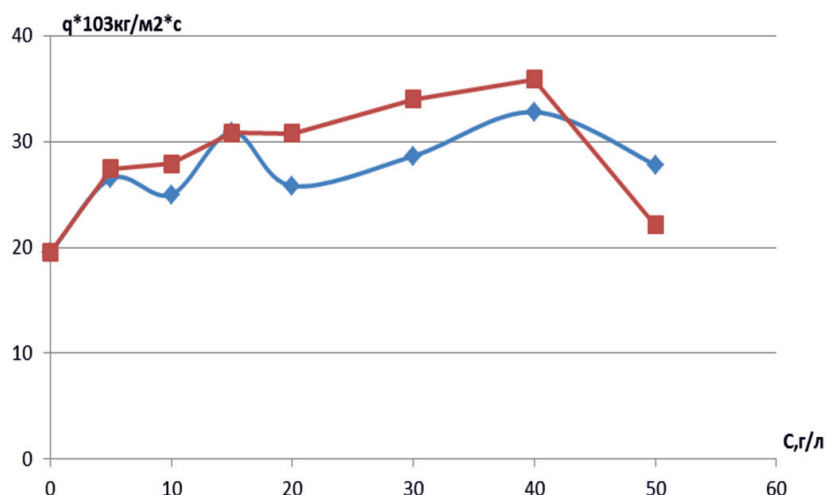


Рис. 1. Зависимость силы дезинтеграции мерзлых суглинков при различных концентрациях хлорида цинка в водном растворе

Ионная сила зависит от концентрации ионов и их валентности, а поведение электролита и активность раствора определяет физико-химическую природу раствора.

Также существует эффект адсорбционно-го ослабления мерзлого образца, с проникновением водного раствора $ZnCl_2$ в глубь образца в микротрещины по плоскостям скольжения. Влияние сил сцепления ведет к «залечиванию» зоны разрушения за счет выжимания адсорбционных пленок. Использование водного раствора хлорида цинка, также как дистиллированной воды, не увеличивается при дезинтеграции мерзлых суглинков. Это объясняется сохранением рыхлосвязанного слоя в двойном электрическом слое.

Поэтому неявно выраженное увеличение силы разрушения мерзлых суглинков и супесей в водных растворах $ZnCl_2$ и наоборот увеличение дезинтеграции при применении водных растворов $NaCl$ можно объяснить воздействием обменных катионов.

Если диффузный слой ионов оказывает-ся подавленным и катионы и анионы равномерно распределены по сечению пор, то электроосмотическое движение воды в глинистых горных породах, поровый раствор которого представлен раствором электролита $NaCl$ с концентрациями более 50 г/л, не происходит.

Увеличение коэффициента фильтрации при фильтрации водных растворов солей в суглинки и супеси в сравнении с обыкновенной водой отмечалось некоторыми учеными, что и было принято

нашим вниманием [2]. Исходя из этого, можно предположить, что сила дезинтеграции мерзлых суглинистых и супесчаных пород в водных растворах солей должна увеличиваться по сравнению с таковой в дистиллированной воде.

Скорость проникновения в образец растворов солей будет влиять на силу дезинтеграции мерзлых суглинистых и супесчаных пород, которая складывается из скорости фильтрации (V_ϕ) и скорости электроосмотического течения (V_ψ):

$$V_o = V_\phi + V_\psi. \quad (2)$$

Закон Дарси подчиняет себе фильтрацию в полностью водонасыщенных грунтах при ламинарном режиме движения:

$$V_o = K_\phi * grad(p), \quad (3)$$

где V_ϕ – скорость фильтрации; K_ϕ – коэффициент фильтрации; $grad(p)$ – градиент давления на пути фильтрации L .

С помощью возникающего на границе раздела «твердое тело – жидкость двойного электрического слоя» объясняется механизм электроосмотического движения жидкости. Согласно теории д.э.с. электроосмотическое течение под действием приложенного электрического поля описывается выражением:

$$V_\psi = K_\psi * grad(\varphi) =$$

$$= \zeta * \epsilon * \Delta U / 4\pi * \eta * \Delta L, \quad (4)$$

где V_ψ – скорость электроосмотического течения; K_ψ – коэффициент электроосмо-

са; $\text{grad}(\varphi)$ – градиент электрического потенциала; ΔU – электрическое напряжение; ΔL – расстояние между точками; η – вязкость раствора; ε – диэлектрическая проницаемость раствора; ζ – электрокинетический потенциал.

Электрокинетические свойства грунта, геометрия порового пространства и свойства порового раствора описываются с помощью коэффициента электроосмоса (K_ϕ). Значение K_ϕ для широкого диапазона грунтов от глин до среднерезнистых песков изменяется в узких пределах (от $1 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$), тогда как K_ϕ при этом изменяется в миллионы раз.

В ходе экспериментальных исследований были получены зависимости силы дезинтеграции мерзлых суглинков при различных концентрациях хлорида натрия в водном растворе при температурах образцов -17°C и -3°C и постоянной температуре растворов во всех экспериментах $+10^\circ\text{C}$.

Скорость дезинтеграции образцов в растворах NaCl в зависимости от концентрации возрастает, имеет максимум при концентрации соли 30–40 г/л и затем убывает (рис. 2).

Скорость движения воды при фильтрации в глинах значительно меньше, чем при электроосмосе [1, 8].

Как показали экспериментальные исследования, состав обменных катионов в минералах и катионный состав взаимодействующего с ними раствора электролита оказывают большое влияние на физико-химические обменные процессы в грунтах. Кроме того, необходимо отметить, что более мелкие ионы удерживаются менее прочно по сравнению с более крупными, т.е. энергия поглощения катионов возрастает в соответствии с их валентностью, и среди обменных катионов одной валентности энергия поглощения возрастает вместе с увеличением их радиуса. Но существует и исключение, которое составляют ион K^+ и ион H^+ , энергия обмена которых выше энергии обмена других ионов.

Уменьшение ζ -потенциала происходит с ростом концентрации электролита и при концентрации электролита 0,5–1 н электрокинетический потенциал становится равным нулю.

Величина ζ -потенциала определяется толщиной рыхлосвязанного слоя воды где электрокинетический потенциал представляет разность потенциалов между прочносвязанным и рыхлосвязанным слоями воды около поверхности твердого тела. Уменьшению ζ -потенциала способствуют повышение концентрации электролита в растворе, а также повышение температуры.

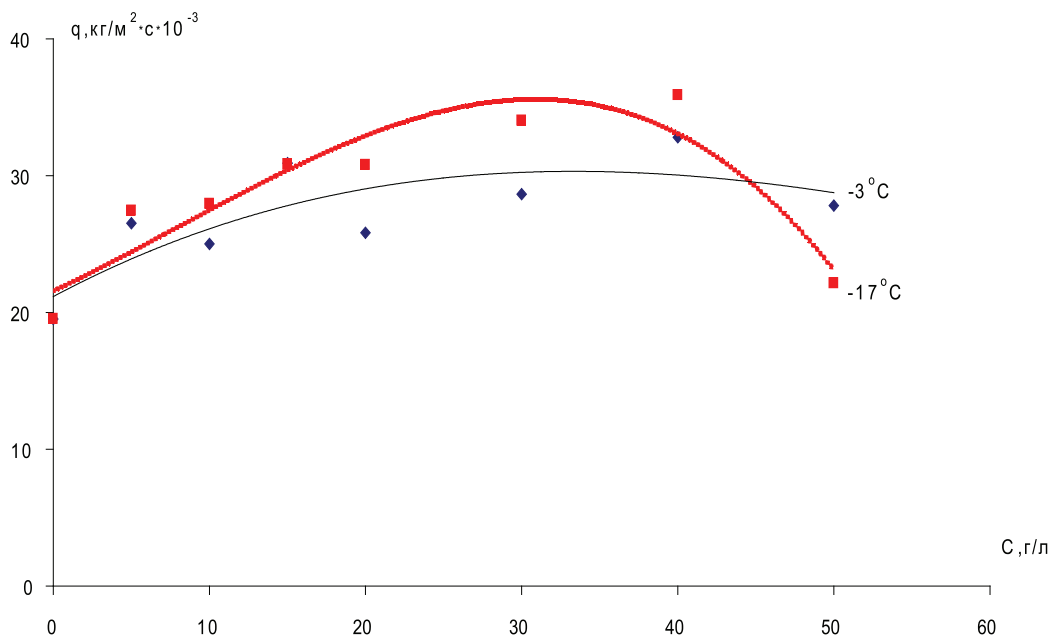


Рис. 2. Зависимость силы дезинтеграции мерзлых суглинков при различных концентрациях хлорида натрия в водном растворе

Радиус ионов, составляющих слой, приблизительно равен толщине прочносвязанной части двойного электрического слоя. При этом заряд и концентрация ионов, входящих в рыхлосвязанную часть двойного слоя, определяется толщиной рыхлосвязанного слоя при данной температуре. Толщина же рыхлосвязанной части двойного слоя достигает в разбавленных растворах нескольких тысяч ангстрем, а в концентрированных растворах уменьшается до десятков и единиц ангстрем.

В условиях максимального развития рыхлосвязанного слоя наблюдается наибольшая величина ζ -потенциала, что можно увидеть лишь при некоторой оптимальной концентрации электролита в очень разбавленных растворах. Например отрицательный ζ -потенциал бывает у глинистых минералов, в частности каолин, который может достигать – 40 мВ.

В результате экспериментальных исследований можно констатировать факт, что коэффициент фильтрации у воды будет меньше, чем у водного раствора хлорида натрия, и разница будет зависеть от содержания в породе глинистой фракции.

Поэтому влияние водных растворов хлорида натрия с большими концентрациями приведет к увеличению интенсивности разрушения мерзлых песчано-глинистых

пород на 20 % по сравнению с использованием дистиллированной воды.

Список литературы

1. Гидрогеология / Под ред. В.М. Шестакова и М.С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 317 с.
2. Коновалов А.А. К теории прочности мерзлого грунта / Научный журнал «Криосфера Земли». – 2009 – Т. XIII, № 1. – С. 31–39.
3. Машенко А.В. Специальные разделы механики грунтов и механики скальных грунтов: учеб. пособие / А.В. Машенко, А.Б. Пономарев, Е.Н. Сычкина. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 176 с.
4. Методические рекомендации по применению опытной технологии гидравлической разработки высокоглинистых мерзлых песков россыпных месторождений / Е.Д. Саввин, А.Е. Слепцов, Г.Л. Полхов и др. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. – 29 с.
5. Пространственные особенности и новые тенденции в изменениях термического состояния почвогрунтов и глубины их сезонного протаивания в зоне многолетней мерзлоты / Шерстюков // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 2. – С. 5–12.
6. Рочев В.Ф. Оценка влияния внешнего электрического поля на процесс разрушения мерзлых дисперсных пород в водной среде // Потенциал современной науки. – 2015. – № 7. – С. 34–37. http://nf-innovate.com/index_sub8.html?id=119.
7. Рочев В.Ф. Оценка изменения естественного электрического поля в процессе разрушения мерзлых глинистых пород в водной среде // Потенциал современной науки. – 2015. – № 8. – С. 34–37.
8. Шергин Д.В. Исследование и разработка технологии создания подземных резервуаров в многолетнемёрзлых породах: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 25.00.15 / Шергин Денис Владимирович; [Место защиты: Ин-т машиноведения им. А.А. Благодирова РАН]. – М., 2014. – 28 с.

УДК 911.3:338.9(470.345-25)

РАЗВИТИЕ ТРЕТИЧНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА (НА ПРИМЕРЕ КРУПНОГО ГОРОДА)

Семина И.А.*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», Саранск, e-mail: Isemina@mail.ru*

Исследование услуг третичного сектора экономики с интерпретацией на городское общественное пространство проводилось с использованием системного, пространственного, социологического, исторического, институционального, экономического методов и подходов. Выявлены пространственно-структурные и качественные изменения в развитии третичного сектора экономики крупного города на примере г. Саранска и основные направления трансформации городского пространства. На трансформационные процессы в Саранске основополагающее влияние оказали факторы: исторический, социально-экономический и политический. Проведен анализ пространственного развития сферы обслуживания г. Саранска, выявлены факторы размещения рыночных и не рыночных услуг в городе. Зонирование территории г. Саранск проводилось по характеру и масштабам розничной торговли с учётом функционально-морфологических зон, характеризующих специализацию микрорайонов города, размещения населения, типа землепользования и застройки, транспортной доступности. Третичный сектор экономики изменяет городское пространство, транспортно-планировочная структура города является фактором его размещения. Пространственное насыщение города потребительскими товарами и услугами приводит к территориальному комплексообразованию. Концепция проекта организации городских пространств в направлении их гуманизации предполагает учет требований к общественным местам – предпочтительные условия для необходимых наружных видов деятельности, дополнительных видов деятельности, общественной активности. Возможность легко перемещаться или находиться в городах и жилых районах, получать удовольствие от местонахождения в городском пространстве, встречаться и «собираться» с другими людьми – фундамент для социально ориентированных проектов.

Ключевые слова: третичный сектор, городское пространство, услуга, факторы размещения, обслуживание, социальное благополучие, местонахождение, трансформация

DEVELOPMENT OF TERTIARY SECTOR AND ORGANIZATION OF URBAN PUBLIC SPACE (ON THE EXAMPLE OF LARGE CITY)

Semina I.A.*National Research Mordovia State University named N.P. Ogarev, Saransk, e-mail: Isemina@mail.ru*

Investigation Service of the tertiary sector of the economy with the interpretation of the urban public space was carried out using the system, spatial, sociological, historical, institutional, economic methods and approaches. Revealed spatio-structural and qualitative changes in the development of the tertiary sector of the economy of a large city on an example of Saransk and the main directions of the transformation of urban space. On the transformation processes in Saransk influenced by fundamental factors: the historical, socio-economic and political. Analysis of the spatial development of the service sector of Saransk, identified factors placing the market and market services in the city. Zoning Saransk conducted on the nature and scale retail trade, taking into account functional and morphological zones that characterize the specialization of districts of the city, distribution of the population, such as land use and development, transport accessibility. Tertiary sector of the economy changes the urban space, transport and planning structure of the city is a factor in its placement. Spatial saturation city consumer goods and services leads to territorial complexes. The project concept is the organization of urban spaces in the direction of humanization takes into consideration the requirements for public places – preferred conditions necessary for outdoor activities, additional activities, social activity. The ability to easily move or stay in cities and residential areas to enjoy the location in the urban space, to meet and «gather» with other people – the foundation for social oriented projects.

Keywords: the tertiary sector, urban space, service, placing factors, service, social well-being, location, transformation

Постановка проблемы

Развитие современного постиндустриального общества претерпевает значительные структурно-трансформационные изменения. Доминирование третичного сектора создает условия для динамичного развития и удовлетворения потребностей населения. Особую актуальность приобретает вопрос общественных изменений и пространственной организации городской среды. Наименее разработаны теоретиче-

ские и методические приемы исследования территориальных систем обслуживания населения. Обоснование территориальной организации систем обслуживания требует выявления их структурных особенностей, специфики процессов трансформации и комплексообразования образующих систему элементов – объектов инфраструктурного взаимодействия и пространственного насыщения.

Третичный сектор экономики изменяет городское пространство [1, 6, 12],

транспортно-планировочная структура города является фактором его размещения. Пространственное насыщение города потребителями товарами и услугами приводит к территориальному комплексообразованию, формированию территориальных систем обслуживания [1, 2, 5], которые состоят из инфраструктурных объектов, транспортной сети, торговых и информационных потоков, связанных друг с другом пространственно-функциональными свойствами и связями.

Исследования, направленные на оптимизацию качества городской среды и его пространственной структуры потребовали применения системного, пространственного, социологического, исторического, институционального, экономического методов и подходов [1–15].

Социальный аспект исследования

Методом социологического опроса выявлены компоненты социального благополучия населения г. Саранска [5, 7, 10]. Территория рассматривается нами как среда жизнедеятельности. Исходим из того, что необходимо создание территориальных условий для мобилизации человеческого фактора. Качество жизни определяется качеством места, которое включает: во-первых, количественные параметры различных сред, характеризующих так называемое объективное качество места; во-вторых, свойства территории, не поддающиеся непосредственному количественному измерению, но, тем не менее, внутренне присутствующие ей и проявляющиеся сквозь призму субъективных оценок отдельных респондентов и их групп. Благоприятность места жительства определяется качеством непосредственного окружения и качеством обслуживания [4, 6, 15].

Проводилось анкетирование и интервьюирование с учетом потребностей населения в услугах и функциональности городского общественного пространства, обустройства дворовой территории. Использовался метод квотной модели выборки – по полу, возрасту и месту проживания, опрошено 395 чел. Согласно опросу жителей г. Саранска наиболее значимыми факторами социального благополучия по степени их значимости выступают: удовлетворенность своей трудовой деятельностью, комфортность жилья, снабжение товарами и продуктами, высокое качество социального обслуживания, низкая преступность и благоприятная социальная обстановка,

работа общественного транспорта, благоприятная экологическая обстановка, возможность проведения досуга.

Роль обслуживающих отраслей в повышении социального благополучия по результатам опроса такова, что наиболее значимыми выступают – ЖКХ, торговля, медицинское обслуживание, образование, транспорт и связь, культурно-рекреационное обслуживание. Наименьшая удовлетворенность респондентов выражается именно наиболее значимыми услугами – ЖКХ, медицинским и культурно-рекреационным обслуживанием. Жители г. Саранска удовлетворены (более 50% респондентов) расположением дома, улицы, где они проживают по отношению к обслуживающим объектам. По транспортной доступности среди жилых микрорайонов г. Саранска выделяется Центр. Проблемы, которыми жители обеспокоены в месте своего пребывания – прежде всего неудовлетворенность обустройством дворовой территории и экологическая составляющая места проживания (качество воды, воздуха). Жителей больше всего беспокоит в обустройстве дворовых территорий отсутствие выделенной автостоянки, скудная озелененность двора, в том числе цветочными клумбами, небрежное устройство площадки для мусорных баков, отсутствие обустроенной детской площадки, недостаточность малых архитектурных форм (скамейки, вазоны, урны и т.д.).

Таким образом, обустройство дворовых территорий в районах города должно предусматривать создание дворовых зон различного назначения по экологическим нормативам, установку современных малых архитектурных форм, а также посадку древесной и кустарниковой растительности в целях оздоровления и очищения воздуха [4, 13]. Оборудование таких детских площадок должно создать для детей мир воображения, развивать умственные и физические способности. Для населения среднего и старшего возраста зоны отдыха должны создавать атмосферу покоя, душевного комфорта, эстетического наслаждения через дендрологическое оформление. Двор должен иметь спортивную площадку, четко выделенную автомобильную стоянку. Улучшение городского пространства является ключевым фактором развития территорий, повышения качества жизни населения. Оценка качественных характеристик городского пространства должна способствовать целям планирования современного города. В перспективе воз-

можно моделирование новых, креативных, современных пространств, удобных для жителей. Данный подход основывается на организации городских общественных пространств, отвечающих качественным характеристикам – разумно организованные и высокотехнологичные, привлекательные, «зеленые», экологичные, доступные.

Согласно опросу жителей г. Саранска наиболее значимыми факторами социального благополучия выступают: удовлетворенность своей трудовой деятельностью, комфортность жилья, снабжение товарами и продуктами, высокое качество социального обслуживания, низкая преступность и благоприятная социальная обстановка, работа общественного транспорта, благоприятная экологическая обстановка и на последнем месте – возможность проведения досуга [7]. Данная ситуация определяет модель социального поведения жителей г. Саранска и основной тип потребителя – малообеспеченные потребители, для которых доступными являются продукты и услуги, не требующие максимальных затрат, цена минимальна и качество не является основным фактором. Анализ социальной структуры респондентов показал, что есть и потребитель, который желает и способен приобретать престижную продукцию высокого качества, а также многие респонденты хотят пользоваться услугами, имеющими оптимально приемлемые соотношения цены и качества. Возникает противоречие – потребитель желает, платит, но ожидаемого качества услуги не получает. Респонденты менее всего удовлетворены своей трудовой деятельностью выделяя ее наиболее значимым компонентом социального благополучия, не считают качество социального обслуживания в г. Саранске высоким.

Выявление механизмов территориального комплексобразования в третичном секторе городской экономики рассматривается на примере развития торговли, сферы отдыха и развлечений.

Зонирование территории г. Саранска проводилось по характеру и масштабам розничной торговли с учётом функционально-морфологических особенностей, характеризующих специализацию микрорайонов города, размещения населения, торгово-инфраструктурной обустроенности (табл. 1, 2), транспортной доступности. В качестве объектов зонирования – территориальных единиц (ТЕ) – выступают микрорайоны города. В качестве ТЕ рассматриваются отдельные кварталы, группы соседних квар-

талов. В качестве границ – улицы города, границы жилых кварталов, хозяйственные и рекреационные объекты.

Развитие розничной торговли характеризуется коммерческой активностью, поэтому на территории г. Саранска следует выделить зоны с учетом коммерческой активности предприятий: зона высокой коммерческой активности (Центр города со смещением к восточным границам), зона коммерческой активности выше средней (кварталы центральной части жилых микрорайонов Светотехстроя, Юго-Запада, Химмаша, оптово-складская зона по улицам Рабочая и Александровское шоссе), зона средней коммерческой активности (ТЭЦ-2, периферия жилых микрорайонов Светотехстроя, Химмаша, Юго-Запада), зона низкой коммерческой активности (низкоплотностные жилые кварталы в удалении от центра, где нет активной застройки). В каждой из торгово-коммерческих зон г. Саранска существуют центры и субцентры концентрации предприятий розничной торговли.

Комплексность и разноплановость данного исследования не позволяет детализировать отдельные аспекты, требует синтеза выявленных свойств и построения выводов по совокупности отношений «рыночные и не рыночные услуги – количественные параметры и восприятие населением – проблематика, типология и зонирование – обустройство и организация городских общественных пространств в направлении их гармонизации».

Выводы

Выявлены пространственно-структурные и качественные изменения в развитии третичного сектора экономики крупного города на примере г. Саранска и основные направления трансформации городского пространства [1, 3, 5, 6, 13, 15]. На трансформационные процессы в г. Саранске основополагающее влияние оказали факторы: исторический, социально-экономический и политический. Основные направления современной трансформации городского пространства: увеличение зон многоэтажной застройки и сокращение индивидуальной застройки в центральной части города и её спальных районах; увеличение территорий общественно-деловой застройки, в том числе спортивных площадок и сооружений в связи с ориентацией на крупные спортивные мероприятия и повышением коммерческой активности города, формированием особой торгово-промышленной инфраструктуры.

Таблица 1

Видовое разнообразие торгово-развлекательных услуг для выявления инфраструктурной обустроенности жилых районов г. Саранска

Номер объект-та	Объект	Нумерация и наличие групп объектов, услуг		
I	Торгово-развлекательные центры	1 – продуктовые супер-маркеты	2 – бытовая техника	3 – компьютерная техника
		4 – товары для детей	5 – спортивные товары	6 – одежда/обувь
		7 – развлечения для детей		8 – кинотеатр
II	Торговые центры	1 – продуктовые супер-маркеты	2 – бытовая техника	3 – компьютерная техника
		4 – товары для детей	5 – спортивные товары	6 – одежда/обувь
		9 – мебель		
III	Рынки	1,4–6,9		
IV	Специализированные магазины	Продажа продовольственных и промышленных товаров		

Таблица 2

Модель торгово-инфраструктурной обустроенности жилых районов г. Саранска

Центр	Юго-Запад	Светотехстрой	Химмаш	ТЭЦ-2
II	–	–	I	–
II 1–6	II 1–6	II 1–6	II 1–6	–
III 1,4–6	III 1,4–6,9	III 1,4–6	III 1,4–6,9	–
IV	IV	IV	IV	IV

Установлены закономерности развития и размещения сферы обслуживания в городе на основе имеющихся пространственных данных о размещении объектов сферы обслуживания по жилым микрорайонам г. Саранска. Функционирование отрасли культуры и досугово-развлекательной сферы определяют не столько количественные характеристики, сколько качественные, которые можно охарактеризовать как востребованность жителями города культурного продукта. К факторам, влияющим на размещение сферы отдыха и развлечений, следует отнести: социально-демографический, экономический, природный, технический, экологический и нормативно-правовой. Пространственный анализ с использованием ГИС-проекта позволил выявить центры и зоны обслуживания в ряде отраслей третичной экономики, специфические особенности пространственной доступности услуг в г. Саранске и с учетом социологического опроса сформировать модель поведения потребителей услуг в городе [7–9]. Выявлены основные факторы размещения рыночных и не рыночных услуг, виды доступности услуг: территориальные, стоимостные, количественные и временные.

Рыночные услуги ориентируются на территориальную доступность и структуру городской среды. Анализ размещения инфраструктурных объектов показал, что крупные торговые центры [5], объекты здравоохранения частной собственности размещены в Центре города, объекты бытового обслуживания – во всех микрорайонах города, ближе к транспортным магистралям. Ежедневные и периодические услуги (по широте охвата и частоте пользования – «всем и всегда», в частности торговля, «не всем и всегда» – школы, детские сады) размещены относительно равномерно и мелкоточно разбросаны по жилым кварталам г. Саранска, эпизодические услуги («всем иногда» – больницы, «не всем иногда» – театры, музеи) концентрируются в центрах с лучшей транспортной доступностью. Для рыночных услуг основным измерителем является платежеспособный спрос, для не рыночных – норматив и эффективность работы государственных и муниципальных структур.

Локализация основных обслуживающих комплексов в жилых районах г. Саранска выражена в подтипах территориальных обслуживающих комплексов, более локаль-

но представлена линейными, точечными и площадными формами размещения [5, 12, 13]. В г. Саранске площадная форма размещения характерна для торгово-развлекательных центров, торговых центров и рынков, парков культуры и отдыха, объектов высшего образования, больниц; линейная форма – для аптек, салонов красоты, саун, клубов, отделений банков, мини-кафе; точечная форма – специализированных магазинов, аптечных пунктов; линейно-точечная форма – банков, объектов средне-специального образования, поликлиник, музеев, сервисных центров, салонов сотовой связи; площадно-линейная форма – банков, школ, детских садов, автосалонов, бассейнов, стадионов. Основная закономерность локализации – мелкие объекты узконаправленных видов услуг – точечная форма, линейно-точечная; объекты диверсифицированного спектра услуг – площадная форма.

Концепция проекта организации городских пространств в направлении их гуманизации предполагает учет требований к общественным местам – предпочтительные условия для необходимых наружных видов деятельности, дополнительных видов деятельности, общественной активности. Возможность легко перемещаться или находиться в городах и жилых районах, получать удовольствие от местонахождения в городском пространстве, встречаться и «собираться» с другими людьми – фундамент для социально ориентированных проектов. Анализ общественных мест г. Саранска показал, что основными проблемами в организации и использовании парков, скверов и площадей являются низкая инфраструктурная обустроенность для пешеходов, организация территории по зонам, отсутствие выполнения функционального признака и организационно-программных мероприятий по использованию площадей и привлечению разновозрастных групп населения. Среди площадей г. Саранска по функциональному признаку можно выделить «храмовые», «музейные», «театральные», «фонтанные», «историко-культурные», «административные». Большинство из них не выполняют свою основную функцию. Открытые общественные пространства, например «музейные» площади, можно использовать многофункционально, создав мультифункциональное пространство для разновозрастных жителей города. Проект организации городских пространств в направлении их гуманизации предполагает ориентацию на «отдых – движение –

труд» и максимальное времяпровождение. Взаимосвязанная работа трех аспектов функционирования города определит структурные и морфологические характеристики городской среды Саранска, где транспортная система выполнит функцию связующего звена, обеспечивая слаженную работу составных функциональных частей города. Проект будет учитывать интересы пешеходов с упором на развитие общественных зон на основе развитого общественного транспорта (существует зависимость между эффективностью сети общественного транспорта и качеством общественных пешеходных зон). Еще одной задачей в рамках повышения качества городской среды будет развитие велосипедной инфраструктуры. Потребуется конкурс проектов, направленных на обустройство открытых общественных пространств г. Саранска – «Город для людей», а также их реализация по признаку эффективности.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №15-05-02526 А).

Список литературы

1. Аксенов К., Бразд И., Бондарчук Е. Трансформационное и посттрансформационное городское пространство. Ленинград – Санкт-Петербург. 1989–2002. – СПб.: Издательство «Геликон Плюс», 2006. – 284 с.
2. Носонов А.М. Территориальная организация третичного сектора: методологические аспекты исследования [Электронный ресурс] // Научное обозрение: электрон. журн. – 2016. – № 1. – Режим доступа: <https://srjournal.ru/2016/id2>.
3. Носонов А.М., Теслянок С.А. Использование геоинформационных технологий при исследовании третичного сектора экономики (на примере уровня социальной комфортности проживания населения региона) // ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы Междунар. науч. конф. Т. 1. – М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2016. – С. 49–56.
4. Пространственный анализ и оценка социально-экономического развития региона: монография. – 2-е изд., доп. и перереб. / И.А. Семина, А.М. Носонов, Н.Н. Логинова [и др.]; под ред. А.М. Носонова, И.А. Семиной. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2016. – 228 с.
5. Салькаева Д.Ф., Семина И.А. Социогеографическое исследование территориальных систем обслуживания (на примере торговых комплексов г. Саранска) [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2016. – № 14. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/socio-geograficheskoe-issledovanie-territorialnyx-sistem-obsluzhivaniya-na-primere-torgovykh-kompleksov-g-saranska>.
6. Семина И.А. Развитие транспортной инфраструктуры г. Саранска при реализации столичных функций // Регионология. – 2015. – № 1(90). – С. 57–66.
7. Семина И.А., Фоломейкина Л.Н. Оценка качества городской среды для жизнедеятельности населения и комфортности проживания (город-район-двор) / Мозаика городских пространств: экономические, социальные, культурные и экологические процессы. Сборник материалов Всероссийской научной конференции (Москва, МГУ, 27–29 ноября 2015 г.). Московский государственный университет имени

М.В. Ломоносова; Русское географическое общество. – М.: Геогр. ф-т МГУ, 2016. – С. 253–257.

8. Тесленок С.А., Семина И.А., Тесленок К.С. О необходимости выявления оптимальных методов и способов графической визуализации результатов социологических исследований / ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы Междунар. науч. конф. Т. 1. – М.: Издательский дом «научная библиотека», 2016. – С. 309–321.

9. Федотов Ю.Д. Оценка качества городской среды г. Саранск для жизнедеятельности населения и комфортности проживания [Электронный ресурс] // Научное обозрение: электрон. журн. – 2016. – № 1. – Режим доступа: <https://srjournal.ru/2016/id1>.

10. Федотов Ю.Д., Заводова Е.И. Оценка комфортности качества среды обитания населения г. Саранска // Санитарный врач. – 2014. – № 6 – С. 37–42.

11. Фоломейкина Л.Н. Рынок экологических товаров и услуг региона // Регионология. – 2014. – № 1 (86). – С. 147–154.

12. Фоломейкина Л.Н. Современная территориальная система нерыночного медицинского обслуживания регио-

на / Наука и образование XXI века: Материалы IX Междунар. научно-практ. конф., Том II, 30 октября 2015 г., СТИ, г. Рязань / под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшинковой; Негос. обр. учр-е высш. проф. образ-я «Совр. техн. ин-т». – Рязань, 2015. – С. 89–94.

13. Фоломейкина Л.Н., Хохлова Е.Э. Аудит землепользования и формирование общественно-деловых зон на городских территориях [Электронный ресурс] // Огаев-online. – 2016. – №14. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/audit-zemlepolzovaniya-i-formirovanie-obshhestvenno-delovykh-zon-na-gorodskikh-territoriyax>.

14. Фоломейкина Л.Н., Хохлова Е.Э. Развитие информационных услуг в регионе / Наука и образование XXI века: Материалы VIII-й Международной научно-практической конференции. Под общей ред. проф. А.Г. Ширяева, проректора по научной работе А.Д. Кувшинковой. – Рязань, 2014. – С. 174–176.

15. Фоломейкина Л.Н., Хохлова Е.Э. Территориальные различия в доступности нерыночных услуг / «Студенческий научный поиск – науке и образованию XXI века»: материалы VIII-й Междунар. студенч. научн.-практ. конф., 22 апреля 2016 г. Современный технический университет, г. Рязань / под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшинковой; совр. технич. университет. – Рязань, 2016. – С. 261–265.

УДК 911.52:902.26 (234.85)

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВИСИМСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Скок Н.В., Янцер О.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург,
e-mail: skok-nv-gbf@mail.ru

В целях оптимизации природоохранных мероприятий и в связи с современным расширением площади Висимского биосферного заповедника на настоящий момент возникла потребность ландшафтного картографирования территории и необходимость в изучении ключевых участков, одним из которых является гора Большой Сутук. Ландшафтные исследования и картографирование территории ранее не проводились. Результатом работы стало изучение ландшафтной структуры при помощи метода детального ландшафтного картографирования. В задачи исследования входили полевые работы, построение и анализ ландшафтной картосхемы. Приведена методика и результаты крупномасштабного ландшафтного картографирования в программе ArcView Gis 3.2 на примере горы Большой Сутук. В результате выявлено, что территория горы Сутук относится к подклассу среднетаежных хвойнотоежного типа структуры барьерно-высотной поясности низкогорных фаций Среднего Урала и к одному роду: вершин и верхних частей склонов низкогорных увалов (600–700 м над у. м.) на магматических и метаморфических породах основного состава (габбро кварцевое, роговообманковое, цоизито-актинолитовое, кварцевые диориты) с выходами мелко- и среднеглыбового элювия-делювия (курумов) на поверхность. По данным исследования, род включает 3 группы и 20 видов фаций. Из них около половины площади вершины занимают ее крутые, покатые склоны и плосковыпуклые участки с выходами коренных пород с папоротниками, гречихой альпийской (кислицей) и веяниково-крупнотравной растительностью на месте ельников. Минимальные площади занимает группа фаций крупных скал-останцев, сложенных интрузивными породами основного и ультраосновного состава с литофильными лишайниковыми сообществами с отдельными скальными видами растений. Представленная ландшафтная картосхема может служить основой для организации прикладных научных геоморфологических, микроклиматических, ботанических и фенологических исследований на территории Висимского биосферного заповедника.

Ключевые слова: ландшафтная структура, ландшафтное профилирование, высотный пояс, низкогорья Среднего Урала, виды фаций, ландшафтоведение, ландшафтное картографирование

LARGE-SCALE LANDSCAPE MAPPING OF THE TERRITORY VISIMSKIY BIOSPHERE RESERVE

Skok N.V., Yantser O.V.

Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, e-mail: skok-nv-gbf@mail.ru

In order to streamline environmental activities and in connection with the expansion of the area of in connection with the expansion modern Visimskiy Biosphere Reserve at the moment there is a need of landscape mapping of the territory and the need for the study of key areas, one of which is the mountain Big Sutuk. Landscape study and mapping of the territory previously held. The work was the study of landscape structure using the method detailed landscape mapping. The objectives of the study consisted of field work, construction and analysis of landscape schematic map. The methodology and the results of large-scale landscape mapping program ArcView Gis 3.2 on the example of mountain Big Sutuk. The result revealed that the area of mount Sutuk refers to a subclass of middle coniferous taiga type structure of barrier-lowland altitudinal zones facies of the Middle Urals and to the same genus: tops and upper slopes of ridges lowland (600–700 m above sea level) On igneous and metamorphic basic rocks (gabbroic quartz, hornblende, hornblende, actinolite-zoisite, quartz diorites) to the outputs of small- and mid-block eluvial talus (Kurume) to the surface. According to the study, the genus includes 3 groups and 20 types of facies. Of these, about half of the top of the area occupied by its steep, sloping hillsides and plano-convex areas with outcrops of bedrock with ferns, alpine buckwheat and reed-high grasses vegetation on the site of spruce. Minimum space occupied by a group of major facies buttes composed of intrusive rocks of basic and ultrabasic composition with lithophile lichen communities with certain kinds of rock plants. Presented landscape Schematic map may serve as a basis for the organization of applied scientific geomorphology, microclimates, botanical and phenological research in Visimskiy Biosphere Reserve.

Keywords: landscape structure, landscape forming, high-rise zone, low mountains of the Middle Urals, facies types, landscape studies, landscape mapping

В настоящее время ландшафтная карта является важнейшим критерием степени физико-географической изученности территории [7]. Она служит источником новой информации о ландшафтных геокомплексах (ЛГК), базой для создания тематических карт различной научной значимости и для теоретических обобщений в физической географии. Ландшафтное картографиро-

вание имеет большое научное и практическое значение [3].

Висимский биосферный заповедник расположен в верховьях реки Сулём, правого притока Чусовой, в центральной части горной полосы Среднего Урала, в пределах Свердловской области. Территория относится к краю низкогорной полосы Среднего Урала, лежит в подзоне южной тайги и пред-

ставляет собой ландшафтную единицу – подпровинцию. Висимский заповедник, согласно районированию В.И. Прокаева, относится к Вильво-Уфимскому южнотажному низкогорно-хребтовому макрорайону [8]. Однако вершины наиболее высоких гор заповедника, вследствие проявления высотной поясности, относятся к среднета-ежному поясу.

Несмотря на то, что для Среднего Урала проведены работы по мелко- и среднемасштабному ландшафтному картографированию, крупномасштабные карты пока немногочисленны. В качестве примера такого рода исследований можно привести карту Уктусских гор (автор В.И. Прокаев), а также карту памятника природы «Европа-Азия», составленную В.Г. Капустиным [9].

Висимский заповедник существует более 40 лет, однако ландшафтные исследования и картографирование на территории до настоящего времени не проводились. В целях оптимизации природоохранных мероприятий и в связи с современным расширением площади охраняемой территории возникла потребность картографирования и необходимость в изучении ключевых участков. В связи с этим целью данной работы являлось изучение ландшафтной структуры горы Большой Сутук при помощи метода детального ландшафтного картографирования. В задачи исследования входили полевые работы, построение и анализ ландшафтной карты [2].

Изучение ландшафтной структуры территории заповедника проводилось с 2012 по 2014 год. На первом этапе работы в 2012 г. были проведены полевые маршрутные исследования, ландшафтное профилирование и ландшафтное картографирование на «ключевых» участках в юго-восточной части заповедника на г. Сутук и г. Долгая. Это наиболее высокая и сильно расчлененная часть заповедника. Гора Сутук имеет три обособленные вершины: на западе – гора Малый Сутук, высотой 576,0 м над у.м., на севере – г. Липовый Сутук – 590,9 м над у.м., на юге г. Большой Сутук – 698,4 м над у.м. На юге продолжением Вильво-Уфимского макрорайона является г. Долгая, протянувшаяся с севера на юг на 8 км, с рядом отдельных вершин и максимальной отметкой 620,7 м над у.м. На юго-востоке примыкает г. Малиновая высотой 627,7 м над у.м., расположенная в охранной зоне заповедника. Амплитуда высот составляет 140–190 м. Горы сложены интрузивными породами основного состава, отличающимися большой

стойкостью к денудации. Вершины гор плосковыпуклые, увенчанные скалами-останцами, высотой от 3 до 17 м. Вершины и крутые склоны в верхних частях гор сложены крупноглыбовыми курумами, часто лишенными растительности [1].

Материалы и методы исследования

Ландшафтная съемка представляет собой главный метод полевого ландшафтного исследования, она дает возможность выявить ЛГК различных порядков, установить их границы, систематические соотношения, закономерности размещения. Важнейшим элементом плана ключевого участка являются линии комплексных профилей с точной планово-высотной основой. Линии профилей должны пересекать весь комплекс сопряженных местоположений [9]. Во время ландшафтной экспедиции были проведены полевые исследования по ландшафтному профилированию и картографированию ключевого участка вершины г. Большой Сутук. Объектами изучения явились элементарные морфологические единицы – фации. Было построено 5 ландшафтных профилей через вершину (два с севера на юг и три – с запада на восток), описано 3 ландшафтных маршрута и осуществлена камеральная обработка материалов.

Границы ландшафтных геокомплексов проводятся по совокупности составляющих, с учетом «ведущих» факторов и «индикаторных» компонентов. Первые определяют дифференциацию ландшафтов и их морфологических единиц, вторые – наиболее полно отражают взаимодействие всех географических факторов. К ним относятся формы рельефа, почвы, растительный покров. Ландшафтное картографирование и систематика ландшафтов находятся в тесной логической связи. На крупномасштабной карте изображаются виды фаций, ареал которых практически совпадает с ареалом типа леса [10]. Для составления карты описанные фации были предварительно систематизированы. Значительной сложностью отличалась проблема составления легенды карты. При создании ландшафтной карты нами не учитывались антропогенные изменения территории, работы в этом направлении являются перспективными и открытыми.

В процессе ландшафтного картографирования важным является вопрос о названии единиц. Оно должно отражать особенности местоположения и коренных пород, а также состав и свойства четвертичных почвообразующих отложений фации, характер почв и растительности с указанием коренного типа леса. Для характеристики крутизны склонов, мощности и наличия щебня в почвах мы использовали количественные шкалы, составленные В.И. Прокаевым и В.Г. Капустиным [9]. Полные названия типов фаций являются их краткими характеристиками, дающими четкое представление об их отличительных особенностях по сравнению с другими выделами, что и обеспечивает научную и практическую значимость такой карты [10].

Как в легенде ландшафтной карты, так и на ней самой, необходима индексация типов фаций. При ландшафтном картографировании Уральской части Свердловской области классы коренных и производных фаций обозначаются римскими цифрами, подклассы фаций – их сочетанием с арабскими цифрами, роды фаций – прописными буквами русского

алфавита, группы фаций – арабскими цифрами, виды фаций – строчными буквами русского алфавита. Полные индексы видов фаций будут выглядеть так: 1^1A_{2a} . Указанные полные индексы использовать на нашей ландшафтной картосхеме из-за их сложности нецелесообразно [4, 9]. Поэтому на ней поставлены индексы только родов, групп и видов фаций, а классы и подклассы полностью обозначены только в легенде для представления о положении каждой из групп в системе единиц типологии фаций. Виды мелкоконтурных фаций могут картографироваться только в очень крупных масштабах (1:500–1:2000). В более мелких непосредственно показать их нельзя, поэтому их объединяют в дополнительные единицы – сочетание видов фаций. Они выделяются тогда, когда мелкоконтурные фации приурочены к небольшим, но внутренне разнородным формам рельефа. Индексы сочетаний видов фаций включают в свой состав индексы входящих в них видов, например, как A_{1b+d} .

При составлении ландшафтной картосхемы изучаемой территории реализованы принципы оформления карт типов фаций раскраской. На ней виды фаций выделены одним цветом, при подборе которого мы руководствовались принципом натуралистичности [9]. Например, более темные оттенки зеленого цвета были выбраны для видов фаций с высокотравным или крупнопоротниковым наземным покровом. Оттенками серого цвета отображены скалы на вершине горы, при этом светлые тона использованы для участков скал, лишенных растительности или с мохово-лишайниковой растительностью; наиболее темные – для курумов и подножий скал с ельниками зеленомошно-черничниковыми или крупнопоротниковыми.

Результаты исследования и их обсуждение

Ландшафтные исследования на территории были проведены впервые. В соответствии с легендой была составлена крупномасштабная ландшафтная картосхема вершины горы Сутук, построенная в программе ArcView Gis 3.2 в масштабе 1:500 [6]. В данной статье масштаб картосхемы уменьшен до 1:1000.

Легенда к ландшафтной картосхеме вершины горы Сутук:

1 – хвойнотаежные умеренно-континентальные темнохвойные низкорослые Среднего Урала;

1^1 – среднетаежные хвойнотаежного типа структуры барьерно-высотной поясности низкорослые Среднего Урала;

1^1A – вершины и верхние части склонов низкорослых увалов (600–700 м) на наиболее устойчивых к денудации магматических и метаморфических породах основного состава (габбро кварцевое, роговообманковое, цоизито-актолитовое, кварцевые диориты) с выходами мелко- и среднеглыбового элювия-делювия (курумов) на поверхность;

1^1A_1 – крупные скалы-останцы высотой 3–15 м, сложенные наиболее устойчивыми

к денудации разностями интрузивных пород основного и ультраосновного состава с литофильными лишайниковыми сообществами с отдельными скальными видами растений;

1^1A_{1a+b} – наиболее крупные скалы высотой 8–15 м: A_{1a} – отвесные и обрывистые склоны скалистых обнажений, преимущественно северной экспозиции, лишенные растительности; A_{1b} – такие же склоны, преимущественно южной экспозиции, с ризокарпон-умбликариевыми литофильными сообществами;

1^1A_{1b+d} – вершины и склоны скал, высотой 3–7 м: A_{1b} – покатые площадки скал с преобладанием зеленомошно-мелкотравной растительности; A_{1r} – крутые склоны скал, преимущественно южной экспозиции с участками мохово-лишайниково-ягодниковой растительности; A_{1d} – обрывистые склоны скал, преимущественно северной экспозиции с преобладанием дермакарпон-пертузариевых литофильных сообществ;

1^1A_2 – крупные и среднеглыбовые курумы у подножья скал с преобладанием с устойчиво влажных типов растительности.

1^1A_{2a} – крупноглыбовые курумы у подножья скал на крутых склонах, преимущественно западной экспозиции, сложенные породами, лишенные мелкозема с преобладанием ризокарпон-умбликариевых сообществ;

1^1A_{2b} – среднеглыбовые курумы у подножья скал на покатых и крутых склонах, преимущественно южной экспозиции, с зеленомошной растительностью;

1^1A_{2b} – средние и мелкоглыбовые курумы у подножья скал на покатых и крутых склонах, преимущественно западной экспозиции, с зеленомошно-разнотравно-вейниковой растительностью;

1^1A_{2r} – средние и мелкоглыбовые курумы у подножья скал со скоплением мелкозема на покатых склонах разных экспозиций с фрагментарными висячими почвами с зеленомошно-черничниковой растительностью;

1^1A_{2d} – пологие склоны северной экспозиции с элювио-коллювием габброидов с преобладанием кислица (гречихи альпийской) на средне- и мелкоглыбовом куруме;

1^1A_3 – плосковыпуклая вершина горы Сутук, с частыми выходами коренных пород в виде крупно- и среднеглыбовых курумов, почти лишенных мелкозема с бурыми горными лесными маломощными среднещебенистыми почвами с устойчиво влажными ельникам;



Масштаб 1:1000

Крупномасштабная ландшафтная картосхема вершины горы Сутук

$1^1A_{3а}$ – пологие участки с редкими выходами коренных пород в виде отдельных камней и глыб, размерами 0,5х0,3х0,2 м с подзолистыми среднемощными среднещелебенистыми почвами с ельниками черничниковыми;

$1^1A_{3б}$ – покатые участки преимущественно западной экспозиции с курумами с бурыми горными лесными среднемощными сильнощелебенистыми почвами с кедрово-еловыми редколесьями крупнопоротниково-кислцовыми на месте ельников крупнопоротниково-кислцовых;

$1^1A_{3в}$ – пологие участки с редкими выходами коренных пород в виде отдельных камней, размерами 0,6х0,4х0,1 м с подзолистыми среднемощными сильнощелебенистыми почвами с ельниками высокотравно-кислцовыми;

$1^1A_{3г}$ – крутые склоны преимущественно северной экспозиции с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума

с горными бурыми лесными маломощными сильнощелебенистыми почвами с ельником вейниково-крупнопоротниковым на месте ельника крупнопоротникового;

$1^1A_{3д}$ – покатые склоны западной экспозиции с бурыми горными лесными среднемощными среднещелебенистыми почвами с елово-березовыми вейниково-кислцовыми лесами на месте ельника кислцового;

$1^1A_{3е}$ – покатые склоны, преимущественно восточной и северной экспозиции с элювио-коллювием габброидов с преобладанием на крупноглыбовом субстрате ризокарпон-умбликариевых сообществ, на щебнистом субстрате – горных бурых лесных маломощных сильнощелебенистых почв и вейниково-кислцовой растительности с отдельно стоящими пихтами на месте ельника кислцового;

$1^1A_{3ж}$ – покатые склоны преимущественно северной экспозиции с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума

с горными бурыми лесными маломощными сильнощебенистыми с крупнопапоротниково-кислещовой растительностью на месте ельника крупнопапоротникового;

$I^1A_{3з}$ – плосковыпуклые участки с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума с преобладанием скрытоподзолистых неполноразвитых сильнощебенистых почв с кислещовой растительностью на месте ельника кислещового;

$I^1A_{3н}$ – покатые и крутые склоны преимущественно северной экспозиции с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума с горными бурыми лесными маломощными сильнощебенистыми почвами с вейниково-крупнотравной растительностью на месте ельника крупнотравного;

$I^1A_{3к}$ – пологие участки с редкими выходами коренных пород в виде отдельных небольших камней с подзолистыми средне-мощными сильнощебенистыми почвами с ельником крупнопапоротниково-кислещовым на месте ельника кислещового;

Результаты произведенного картографирования позволили выявить ландшафтную структуру вершины г. Большой Сутук. Крупномасштабная ландшафтная карта, наглядно отражающая реальное количественное и качественное разнообразие ландшафтных гекомплексов, их размещение, площади, конфигурацию и пространственные отношения, служит наиболее точной моделью этой структуры.

Территория горы Сутук относится к подклассу среднетаежных хвойнотаяжного типа структуры барьерно-высотной поясности низогорных фаций Среднего Урала, к одному роду: вершин и верхних частей склонов низогорных увалов (600–700 м над у.м.) на устойчивых к денудации магматических и метаморфических породах основного состава (габбро кварцевое, роговообманковое, цоизито-актолитовое, кварцевые диориты) с выходами мелко- и среднеглыбового элювия-делювия (курумов) на поверхность [5]. Род состоит из 3 групп и 20 видов фаций. Почти 50% площади занимают всего 3 вида фаций:

- покатые склоны преимущественно северной экспозиции с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума с горными бурыми лесными маломощными сильнощебенистыми почвами с крупнопапоротниково-кислещовой растительностью на месте ельника крупнопапоротникового;

- плосковыпуклые участки с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума с преобладанием скрытоподзоли-

стых неполноразвитых сильнощебенистых почв с кислещовой растительностью на месте ельника кислещового;

- покатые и крутые склоны преимущественно северной экспозиции с выходами коренных пород в виде крупноглыбового курума с горными бурыми лесными маломощными сильнощебенистыми почвами с вейниково-крупнотравной растительностью на месте ельника крупнотравного.

Всего около 5% занимает группа фаций крупных скал-останцев высотой 3–15 м, сложенных наиболее устойчивыми к денудации разностями интрузивных пород основного и ультраосновного состава с литофильными лишайниковыми сообществами с отдельными скальными видами растений. Она включает в себя следующие виды фаций: отвесные и обрывистые склоны скалистых обнажений, преимущественно северной экспозиции, лишенные растительности; такие же склоны, преимущественно южной экспозиции, с ризокарпон-умбликариевыми литофильными сообществами; покатые площадки скал с преобладанием зеленомошно-мелкотравной растительности; крутые склоны скал, преимущественно южной экспозиции с участками мохово-лишайниково-ягодниковой растительности; обрывистые склоны скал, преимущественно северной экспозиции с преобладанием дерматокарпон-пертузариевых литофильных сообществ.

Выводы

При помощи вышеперечисленных ландшафтных единиц осуществлен учет проявлений основных закономерностей физико-географической дифференциации. Данная крупномасштабная ландшафтная картосхема может служить примером для исследований подобного рода, как в самом заповеднике, так и за его пределами, а также основой для организации новых научных геоморфологических, микроклиматических, ботанических и фенологических исследований на территории Висимского биосферного заповедника для его сотрудников и других научных деятелей. Разработанная картосхема является базой для составления среднемасштабной ландшафтной карты территории заповедника. Практическая значимость очень детальных ландшафтных карт обусловлена тем, что изображенные на них виды фаций неоднородны по природному потенциалу, поэтому они необходимы для оптимизации охраны среды и мониторинга в лесном хозяйстве, поскольку могут слу-

жить основой для составления карт типов леса, поскольку последние территориально совпадают с группами фаций.

Список литературы

1. Гурьевских О.Ю. Ландшафтная карта, как основа анализа географической репрезентативности системы ООПТ // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: мат-лы Межд. науч.-практ. конф., 11–12 декабря // ред. О.В. Янцер, Т.В. Ваниокова, А.Е. Квашнина; Уральский государственный педагогический университет; в 2 т. – Екатеринбург, 2014. – Т. 1. – С. 32–39.
2. Гурьевских О.Ю. Методика анализа географической репрезентативности региональной системы особо охраняемых природных территорий // Изучение природных и социально-экономических систем. Инновации в системе образования: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., 13–17 апреля. – Сухум – Екатеринбург; Абхазский государственный университет – Урал. гос. пед. ун-т, 2015. – С. 237–242.
3. Гурьевских О.Ю., Корнев И.Н. Понятие «ландшафт» в отечественной географии: историко-географический курс. // Труды Абхазского государственного университета / АГУ. Гварамия А.А., отв. ред. – Сухум: РИО АГУ, 2015. – С. 38–46.
4. Гурьевских О.Ю. Типологическая классификация ландшафтов : (на примере Свердлов. обл.) // География и современные проблемы естественнонаучного познания : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 3–4 дек. 2009 г., Екатеринбург / Урал. гос. пед. ун-т ; под ред. В.Г. Капустина. – Екатеринбург, 2009. – Ч. 1. – С. 31–39.
5. Зубарева Р.С. Лесорастительные условия и типы темнохвойных лесов горной полосы Среднего Урала // Типы и динамика лесов Урала и Зауралья: [сб. ст.] / отв. ред. Б.П. Колесников. – Свердловск, 1967. – С. 13–87. (Труды Института экологии растений и животных / АН СССР. Уральский филиал; Вып. 53).
6. Капустин В.Г. ГИС-технологии в географии и экологии. ArcView GIS в учебной и научной работе: практ. рук. для студентов и преподавателей геогр.-биол. фак. – Екатеринбург: [б. и.], 2012. – 230 с.
7. Капустин В.Г. Ландшафтное райнирование Свердловской области // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: материалы Межд. науч.-практ. конф., 11–12 дек. 2014 г., Екатеринбург / Урал. гос. пед. ун-т ; под ред. О.В. Янцер и др. – Екатеринбург, 2014. – Т. 1. – С. 53–63.
8. Капустин В.Г. Физико-географическое районирование Свердловской области // География и современные проблемы естественнонаучного познания: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 3–4 дек. 2009 г., Екатеринбург / Урал. гос. пед. ун-т; под ред. В.Г. Капустина. – Екатеринбург, 2009. – Ч. 1. – С. 11–24.
9. Прокаев В.И. Вопросы методики ландшафтного картографирования на примере Уктусских гор Среднего Урала // Физико-географические исследования на Урале: сб. науч. тр. / Свердлов. гос. пед. ин-т; отв. ред. В.И. Прокаев. – Свердловск, 1990. – С. 3–17.
10. Прокаев В.И., Капустин В.Г. О методике детального ландшафтного картографирования: (на примере Зап. и Юж. окрестностей г. Свердловска) // Физико-географическое картографирование и ландшафтное картографирование: сб. науч. тр. / Свердлов. гос. пед. ин-т; отв. ред. В.И. Прокаев. – Свердловск, 1983. – С. 20–34.