

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,791

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,380

Журнал издается с 2001 г.

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

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

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплат-
ный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,791.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,380.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

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

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

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

+7 (499) 705-72-30

E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 29.04.2022

Дата выхода номера – 31.05.2022

Формат 60х90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

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

Техническая редакция и верстка

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 13

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/4-2022

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (4.1.1, 4.1.2 (06.01.05), 4.1.6 (06.03.01, 06.03.02, 06.03.03))

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ НА ХОД КОНКУРСНОГО ИСПЫТАНИЯ	
<i>Горяников Ю.В., Плоткина А.А.</i>	7
ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НУТА (<i>CICER ARIETINUM</i> L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ	
<i>Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н., Субботин А.Г., Шыурова Н.А., Сугробов А.Ф.</i>	14
ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ	
<i>Зайцев С.А., Волков Д.П., Носко О.С., Лёвкина А.Ю., Гусева С.А., Гудова Л.А.</i>	21
ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН <i>PRUNUS PADUS</i> L.	
<i>Зыков И.Е., Баранов С.Г., Полоскова Е.Ю., Липтонен И.Н., Гончарова О.А., Прокопенко А.Д.</i>	29
СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И ИХ ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>Уразова А.Ф., Герц Э.Ф.</i>	35
ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БРАТСКА	
<i>Чжан С.А., Пузанова О.А.</i>	42

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18 (25.00.30), 1.6.21)

НЕКОТОРЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДЛЕСКА В ЛЕСОПАРКАХ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА	
<i>Добротворская О.Е.</i>	48
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	
<i>Дудина Т.Н., Тарасова О.С.</i>	54
ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)	
<i>Лозовская С.А., Косолапов А.Б., Степанько Н.Г.</i>	61
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ БИРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	
<i>Мареев И.А., Шахринова Н.В., Рябова Т.Г.</i>	68

Геолого-минералогические науки (1.6.1 (25.00.01, 25.00.03), 1.6.3, 1.6.4 (25.00.05), 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.11 (25.00.12), 1.6.12, 1.6.17, 1.6.20 (25.00.35), 1.6.21)

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СПОСОБОВ ЛИКВИДАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЗЕМЛЯХ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ РФ	
<i>Багранюк И.А., Банников В.П., Каримова А.А.</i>	73

Технические науки (1.6.7, 1.6.9, 1.6.16, 2.8.1, 2.8.6, 2.8.7, 2.8.8 (25.00.22), 2.8.9)

МЕТОДЫ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ РУД

Авфукова Л.С., Белова Т.П.80

**ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
В ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Долгих Д.Н., Мельникова А.С., Нугуманов Р.Ф., Семёнов С.И., Кострюкова Н.В.86

**ВАРИАЦИИ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ИЗ-ЗА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ
ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПЛОЩАДКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Морозов А.В., Баранов В.Н., Андреев В.К.92

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК РЕЗУЛЬТАТ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Присс О.Г., Димитрюк Ю.С.98

CONTENTS

Agricultural sciences (4.1.1, 4.1.2 (06.01.05), 4.1.6 (06.03.01, 06.03.02, 06.03.03)

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF TREATMENT OF SEEDS OF WHEAT VARIETIES WITH WINTER MILD WINTER ON THE COMPETITIVE TESTING <i>Goryanikov Yu.V., Plotkina A.A.</i>	7
EVALUATION OF THE INITIAL MATERIAL FOR BREEDING CHICKER (<i>CICER ARIETINUM</i> L.) USING MULTIVARIATE STATISTICS METHODS <i>Zhuzhukin V.I., Mukhatova Zh.N., Subbotin A.G., Shyurova N.A., Sugrobov A.F.</i>	14
FACTORS DETERMINING THE YIELD OF GRAIN AND GREEN MASS OF CORN IN THE LOWER VOLGA REGION <i>Zaytsev S.A., Volkov D.P., Nosko O.S., Levkina A.Yu., Guseva S.A., Gudova L.A.</i>	21
POPULATION VARIABILITY OF <i>PRUNUS PADUS</i> L. LEAF PLATES <i>Zykov I.E., Baranov S.G., Poloskova E.Yu., Lipponen I.N., Goncharova O.A., Prokopenko A.D.</i>	29
THE CONDITION OF PROTECTIVE FOREST STRIPS OF RAILWAYS AND THEIR FIRE SAFETY <i>Urazova A.F., Gerts E.F.</i>	35
FORESTRY AND TAXATION CHARACTERISTICS OF WOODY VEGETATION ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF BRATSK <i>Chzhan S.A., Puzanova O.A.</i>	42

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18 (25.00.30), 1.6.21)

SOME OBSERVATIONS OF CHANGES IN THE PARAMETERS OF THE UNDERGROWTH IN THE FOREST PARKS OF YEKATERINBURG <i>Dobrotvorskaya O.E.</i>	48
ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT <i>Dudina T.N., Tarasova O.S.</i>	54
APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL OF POPULATION ADAPTATION FORMATION ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF SAKA (YAKUTIA) <i>Lozovskaya S.A., Kosolapov A.B., Stepanko N.G.</i>	61
SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF THE BIRSK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN <i>Mareev I.A., Shakhriyeva N.V., Ryabova T.G.</i>	68

Geological and mineralogical sciences (1.6.1 (25.00.01, 25.00.03), 1.6.3, 1.6.4 (25.00.05), 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.11 (25.00.12), 1.6.12, 1.6.17, 1.6.20 (25.00.35), 1.6.21)

ASPECTS OF DESIGNING AN AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR FORECASTING THE SPREAD AND METHODS OF ELIMINATING FOREST FIRES ON THE LANDS OF DEFENSE AND SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION <i>Bagranyuk I.A., Bannikov V.P., Karimova A.A.</i>	73
--	----

Technical sciences (1.6.7, 1.6.9, 1.6.16, 2.8.1, 2.8.6, 2.8.7, 2.8.8 (25.00.22), 2.8.9)

METHODS OF ACID LEACHING OF NICKEL-CONTAINING ORES

Avfukova L.S., Belova T.P.80

BENEFITS OF INTEGRATING UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS INTO THE AIRSPACE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Dolgikh D.N., Melnikova A.S., Nugumanov R.F., Semenov S.I., Kostryukova N.V.86

GRAVITY VARIATIONS CAUSED BY GROUNDWATER LEVEL IMPACT AT A SITE FOR CONSTRUCTION OF UNIQUE BUILDINGS AND STRUCTURES

Morozov A.V., Baranov V.N., Andreev V.K.92

INFORMATION MODEL AS A RESULT OF ENGINEERING SURVEYS

Priss O.G., Dimitryuk Yu.S.98

УДК 633.111.1:631.527.85:631.421.1/.421.2:632.952

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ НА ХОД КОНКУРСНОГО ИСПЫТАНИЯ

Горяников Ю.В., Плоткина А.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказская государственная академия», Черкесск,
e-mail: yury.goryanikov@yandex.ru

Выбор протравителя семян в конкурсном сортоиспытании пшеницы мягкой озимой имеет огромное значение для правильной интерпретации иммунологических свойств её сортов. Меры защиты растений от болезней, проводимые в сельскохозяйственных предприятиях, осуществляют и на государственных сортоиспытательных участках. При этом ядохимикаты, концентрации, дозы, сроки и кратность обработок, а также технические средства должны быть одинаковыми для всех сравниваемых сортов. Подбор же всех перечисленных средств делается путем закладки сопутствующих полевых опытов, обеспечивающих данные для сравнительного анализа. В наших опытах в качестве протравителей применялись Виял Трио, ВСК (АО Фирма «Август») и Ламадор, КС (Байер КрокСайенс АГ). В первую очередь в исследовании было выяснено влияние данных препаратов на посевные качества сортов озимой пшеницы, а именно – на энергию прорастания и всхожесть. Эти качества исследовались лабораторными методами и показали ингибирующее воздействие протравителей на взошедшие растения в начальный период вегетации. Одновременно в поле изучалась динамика всходов растений по изучаемым сортам и вариантам и в дальнейшем – поражение болезнями. Этот массив данных был подвергнут математическому анализу по методу хи-квадрат Пирсона. В результате установлено, что в сложившихся комплексных условиях ряд заболеваний не достиг экономического порога вредоносности (ЭПВ) и оценивать существенность действия протравителей семян возможно только по таким заболеваниям, как септориоз и мучнистая роса. К этим данным были присовокуплены данные урожайности сортов в вариантах с разными протравителями семян, анализ которых показал, что при отсутствии обработки семян перед посевом снижение продуктивности от поражения септориозом достигает до 37%, а от поражения мучнистой росой – до 4%. Также необходимо отметить, что применение двухкомпонентных протравителей позволяет получать прибавку урожая сортов пшеницы мягкой озимой до 2,8 ц/га, а трехкомпонентных – до 5,5 ц/га.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, конкурсное сортоиспытание, протравители семян, посевные качества, заболевания, урожайность

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF TREATMENT OF SEEDS OF WHEAT VARIETIES WITH WINTER MILD WINTER ON THE COMPETITIVE TESTING

Goryanikov Yu.V., Plotkina A.A.

North Caucasian State Academy, Cherkessk, e-mail: yury.goryanikov@yandex.ru

The choice of seed disinfectant in the competitive variety testing of soft winter wheat is of great importance for the correct interpretation of the immunological properties of its varieties. Measures to protect plants from diseases carried out in agricultural enterprises are also carried out at state variety testing plots. At the same time, pesticides, concentrations, doses, timing and frequency of treatments, as well as technical means should be the same for all compared varieties. The selection of all the listed means is done by laying down related field experiments that provide data for comparative analysis. In our experiments, Vial Trio and Lamador were used as dressing agents. First of all, in the studies, the effect of these preparations on the sowing qualities of winter wheat varieties, namely, on the vigor of germination and germination, was clarified. These qualities were studied by laboratory methods and showed the inhibitory effect of protectants on emerging plants in the initial period of vegetation. At the same time, the dynamics of plant sprouts for the studied varieties and variants was studied in the field, and in the future, disease damage. This data set was subjected to mathematical analysis using the Pearson chi-square method. As a result, it was found that under the current complex conditions, a number of diseases did not reach the economic threshold of harmfulness (EPV), and it is possible to assess the significance of the action of seed treaters only for such diseases as septoria and powdery mildew. These data were supplemented with data on the yield of varieties in variants with different seed dressings, the analysis of which showed that in the absence of seed treatment before sowing, the decrease in productivity from the defeat of septoria reaches up to 37%, and from the defeat of powdery mildew – up to 4%. It should also be noted that the use of two-component disinfectants makes it possible to obtain an increase in the yield of soft winter wheat varieties up to 2.8 c/ha, and three-component ones – up to 5.5 c/ha.

Keywords: soft winter wheat, competitive variety testing, seed treaters, sowing qualities, diseases, productivity

В конкурсном сортоиспытании (КСИ) пшеницы мягкой озимой – как и при других исследованиях – действует правило единственного различия, в соответствии с которым все факторы должны быть одинаковы, за исключением исследуемых [1]. Одним

из исследуемых факторов здесь является протравливание семян перед посевом, роль которого заключалась в выяснении действия протравителя не только на защиту семян от патогенов, но и на их посевные качества. Другой исследуемый фактор – сам сорт и его

хозяйственно полезные признаки. При этом обработка почвы, внесение удобрений, подготовка семян для посева, защита и уход за посевами для опытов имели значение фоновых и были одинаковыми для всех испытываемых сортов. Полученные в результате исследований данные обрабатывались методом хи-квадрат Пирсона, анализ которых показал, что при отсутствии обработки семян перед посевом снижение продуктивности от поражения такой болезнью, как септориоз, достигает 37%, а от поражения мучнистой росой – 4%. Поэтому применение двухкомпонентных протравителей семян позволяет получать прибавку урожая сортов пшеницы мягкой озимой до 2,8 ц/га, а применение трехкомпонентных – до 5,5 ц/га.

Цель исследования – определить влияние протравителей семян на их посевные качества, действие на развитие наиболее вредоносных заболеваний сортов пшеницы мягкой озимой, а также защитные свойства протравителей семян, сказывающиеся на формировании урожайности в питомнике конкурсного испытания.

Материалы и методы исследования

Полевые опыты проводились на полях Черкесского государственного сортоиспытательного участка, в соответствии с требованиями, изложенными в первом выпуске методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [2], лабораторные исследования – в лаборатории отдела семеноводства филиала «Российского сельскохозяйственного центра» по Карачаево-Черкесской республике («Россельхозцентр» по КЧР), в соответствии с ГОСТ Р 52325-2005 [3].

Посев сортов конкурсного испытания был проведен 25 октября. В двухфакторном опыте, фактором А являлось применение протравителей: отечественного Виал Трио, ВСК (АО Фирма «Август») и германского – Ламадор, КС (Байер КропСайенс АГ). В качестве фактора Б использовались сорта пшеницы мягкой озимой: Александрия,

Безостая 100, Пальмира 18, Универ, Хайдрок. Предшествующая культура – кукуруза. Схема опытов приведена в табл. 1.

Указанные препараты практически одинаковы в своем воздействии на вредные объекты. Так, в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации в 2021 г., например, при применении протравителя Виал Трио для семян озимой пшеницы, в качестве вредных объектов определены: твердая головня, пыльная головня, фузариозная корневая гниль, гелиминтоспориозная корневая гниль, плесневение семян, снежная плесень, мучнистая роса, а при применении протравителя Ламадор: твердая и пыльная головня, фузариозная, гелиминтоспориозная и ризоктониозная корневые гнили, септориоз, плесневение семян [4]. Перечисленные заболевания весьма вредоносны, а нам для получения хороших результатов конкурсного сортоиспытания изначально необходимо получить сильные, одновременно возмужавшие растения [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, полученные в лаборатории филиала «Россельхозцентра» по КЧР, показали, что действие препаратов на прорастание семян сортов озимой пшеницы, имело довольно ощутимые различия (табл. 2).

Применение как трёхкомпонентного Виал Трио, так и двухкомпонентного протравителя Ламадор снижало по сравнению с контролем и энергию прорастания, и всхожесть семян сортов озимой пшеницы. Так, энергия прорастания семян сорта Александрия снижалась в сравнении с контролем при протравливании Виал Трио на 1,3%, а при протравливании препаратом Ламадор – на 1,4%. У сорта Безостая 100 на 2,8 и 2,9%; у сорта Пальмира 18 – 1,6 и 1,1; Универ – 1,5 и 1,4; Хайдрок – 2,3 и 2,7 соответственно. Более наглядно это можно увидеть на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Схема опытов

Варианты протравливания	Варианты сортов				
1. Контроль (без обработки)	Александрия	Безостая 1	Пальмира 18	Универ	Хайдрок
2. Виал Трио, ВСК (1,25 л/т)	Александрия	Безостая 1	Пальмира 18	Универ	Хайдрок
3. Ламадор, КС (0,2 л/т)	Александрия	Безостая 1	Пальмира 18	Универ	Хайдрок

Таблица 2

Посевные качества семян сортов пшеницы мягкой озимой
в зависимости от использованного для их протравливания препарата

Препарат/посевные качества	Сорта				
	Александрия	Безостая 100	Пальмира 18	Универ	Хайдрок
Без протравливания – контроль					
энергия прорастания, %	94,0	96,8	93,7	94,7	94,5
всхожесть, %	94,3	97,5	93,7	96,3	95,3
Виал Трио, ВСК					
энергия прорастания, %	92,7	94,0	92,1	93,2	92,2
всхожесть, %	93,7	97,0	93,3	94,4	94,6
Ламадор, КС					
энергия прорастания, %	92,6	93,9	92,6	93,3	91,8
всхожесть, %	93,4	97,5	92,8	95,3	94,3

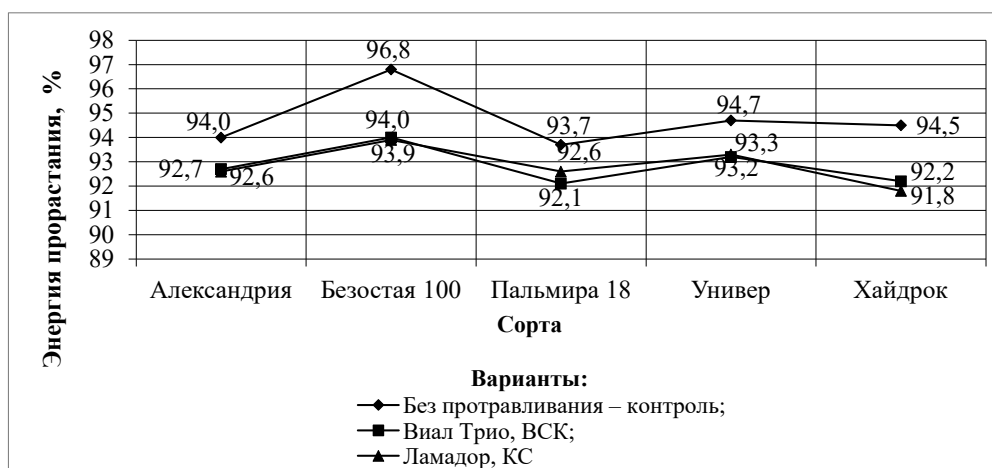


Рис. 1. Энергия прорастания семян сортов озимой пшеницы в вариантах лабораторных исследований

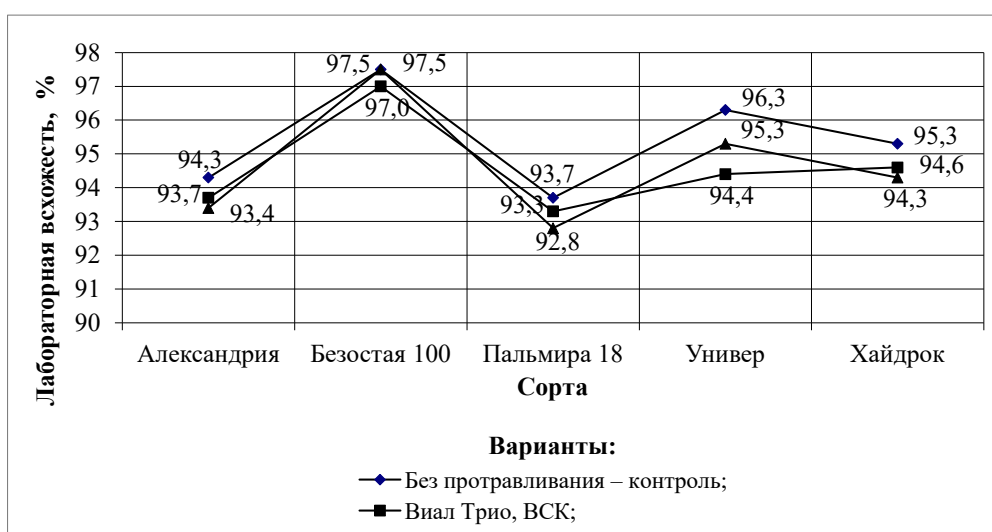


Рис. 2. Лабораторная всхожесть семян сортов озимой пшеницы

Таблица 3

Динамика всходов растений пшеницы мягкой озимой

Вариант	Сорт	Всходы по датам, %					
		4 нояб.	5 нояб.	6 нояб.	7 нояб.	8 нояб.	9 нояб.
1. Без протравливания – контроль	Александрия	30,0	57,5	70,0	87,5	97,5	100
	Безостая 100	35,0	72,5	85,0	97,5	100	100
	Пальмира 18	25,0	42,5	60,0	77,5	92,5	100
	Универ	30,0	57,5	80,0	95,0	100	100
	Хайдрок	27,5	55,0	75,0	92,5	100	100
2. Виал Трио, ВСК	Александрия	0	5,0	35,0	70,0	90,0	100
	Безостая 100	35,0	70,0	82,5	92,5	100	100
	Пальмира 18	0	2,5	20,0	55,0	90,0	100
	Универ	2,5	15,0	45,0	70,0	92,5	100
	Хайдрок	30,0	57,5	75,0	87,5	95,0	100
3. Ламадор, КС	Александрия	20,0	45,0	70,0	85,0	95,0	100
	Безостая 100	35,0	75,0	85,0	92,5	97,5	100
	Пальмира 18	17,5	40,0	60,0	80,0	100	100
	Универ	35,0	62,5	77,5	90,0	97,5	100
	Хайдрок	25,0	42,5	75,0	95,0	100	100

В работе ученых Пензенской ГСХА отмечено, что снижение полевой всхожести при длительном нахождении семян в почве обычно вызывают патогенные грибы [6]. Из-за этого и делается протравливание семян, несмотря на то, что, как показано выше, в начальный период вегетации растений оно оказывает ингибирующее воздействие на их посевные качества.

Однако нашей задачей являлось выяснение наиболее эффективного варианта протравливания сортовых семян озимой пшеницы. Для упрощения её ранее нами было показано, что каждый процент увеличения посевной годности сортовых семян способствует ускорению всходов растений пшеницы мягкой до 4,7 % [7]. И полученные нами данные, показанные в табл. 3, подтверждают этот результат (путем двойного дифференцирования преобразованных дат).

Исследования состояния посевов пшеницы мягкой озимой в зимний период показали, что в опытах по защите растений для этих целей возможно использование предварительного пробит-анализа [8]. Для его проведения использовалось вычисление средних взвешенных величин заболеваемости растений сортов озимой пшеницы по всем вариантам.

Тем не менее эти данные нельзя считать полными, если не учитывать действие протравителей, оказываемое на патогенные

микроорганизмы и болезни, вызываемые ими. Полученные опытные данные, представленные в табл. 4, отражают действие протравителей на уровень заболеваемости сортов озимой пшеницы.

Эти опытные данные были обработаны по методу хи-квадрат Пирсона [9] для изучения качественных признаков и их соответствия уменьшению заболеваемости растений озимой пшеницы, при протравливании семян её сортов перед посевом. Предварительно, например, растения, пораженные головней, пересчитывали из абсолютных в относительные данные, пользуясь следующей формулой [10]:

$$X = \frac{\Pi \times 100}{\Pi + Д + Р}, (1)$$

где X – пораженность головней, %; Π – количество пораженных стеблей; $Д + Р$ – общее количество продуктивных стеблей данного сорта и других разновидностей.

Далее, используя формулу

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - F)^2}{F}, (2)$$

находили соответствия между наблюдаемыми распределениями по критерию хи-квадрат Пирсона по всем наблюдаемым болезням (кроме снежной плесени) и сортам пшеницы мягкой озимой в отношении опытных вариантов.

Таблица 4

Поражение озимой пшеницы болезнями (шт. в пробе из 100 растений)

Вариант	Болезнь	Сорт				
		Александрия	Безостая 100	Пальмира 18	Универ	Хайдрок
1. Без протравливания – контроль	твердая головня	5	2	6	5	4
	пыльная головня	3	1	4	2	2
	фузариозная корневая гниль	10	8	11	8	9
	гельминтоспориозная корневая гниль	8	3	8	6	4
	ризоктониозная корневая гниль	2	1	4	2	2
	септориоз	58	47	89	66	64
	снежная плесень	–	–	–	–	–
	мучнистая роса	85	77	88	82	79
2. Виал Трио, ВСК	твердая головня	–	–	–	–	–
	пыльная головня	–	–	–	–	–
	фузариозная корневая гниль	–	–	–	–	–
	гельминтоспориозная корневая гниль	–	–	–	–	–
	ризоктониозная корневая гниль	–	–	–	–	–
	септориоз	36	44	49	41	37
	снежная плесень	–	–	–	–	–
	мучнистая роса	53	59	70	67	59
3. Ламадор, КС	твердая головня	–	–	–	–	–
	пыльная головня	–	–	–	–	–
	фузариозная корневая гниль	–	–	–	–	–
	гельминтоспориозная корневая гниль	–	–	–	–	–
	ризоктониозная корневая гниль	–	–	–	–	–
	септориоз	38	40	66	35	28
	снежная плесень	–	–	–	–	–
	мучнистая роса	74	73	77	87	83

Конечный результат полных расчетов представлен на диаграммах (рис. 3 и 4).

Сравнительный анализ данных обеих диаграмм показал, что мы наблюдаем здесь последовательности действительных чисел [11]. При совпадении последовательности чисел по таким заболеваниям озимой пшеницы, как твердая и пыльная головня, фузариозная, гельминтоспориозная и ризоктониозная корневые гнили, его можно интерпретировать как то, что эти заболевания в своём развитии не достигли экономического порога вредоносности, и, следовательно, оценивать существенность действия протравителей семян здесь нецелесообразно. Для возбудителей других заболеваний – септориоза и мучнистой росы – условия

возникли достаточно благоприятные, и анализ показал существенное влияние на сдерживание септориоза препаратом Виал Трио практически по всем сортам озимой пшеницы ($\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{05}$), лишь за исключением сорта Безостая 100 (где $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{05}$). Такая же тенденция наблюдалась и при применении препарата Ламадор. А вот мучнистую росу эффективно сдерживал только Виал Трио, а Ламадор – несколько превысил значение критерия на 95%-ном уровне значимости только на сорте Пальмира 18.

Также при сравнительном анализе необходимо учитывать уровень урожайности сортов опыта и воздействие на него вышеприведенных заболеваний мягкой озимой пшеницы.

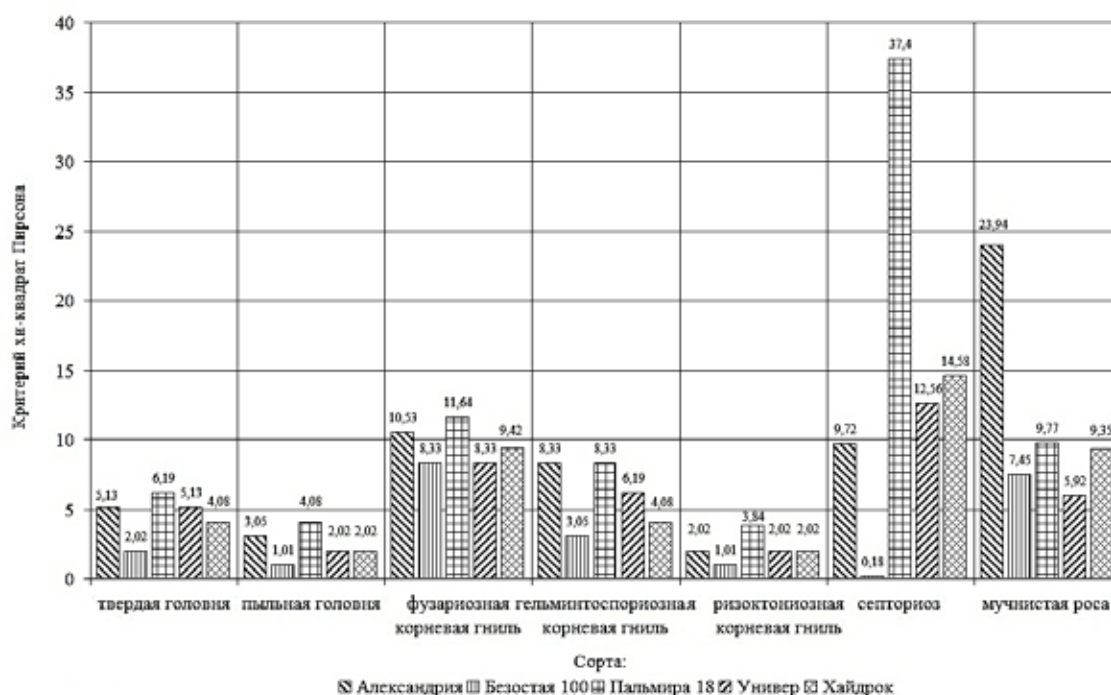


Рис. 3. Оценка соответствия между наблюдаемыми распределениями по критерию χ^2 (хи-квадрат Пирсона, теоретическое значение $\chi^2_{05} = 3,84$) при применении препарата Виал Трио

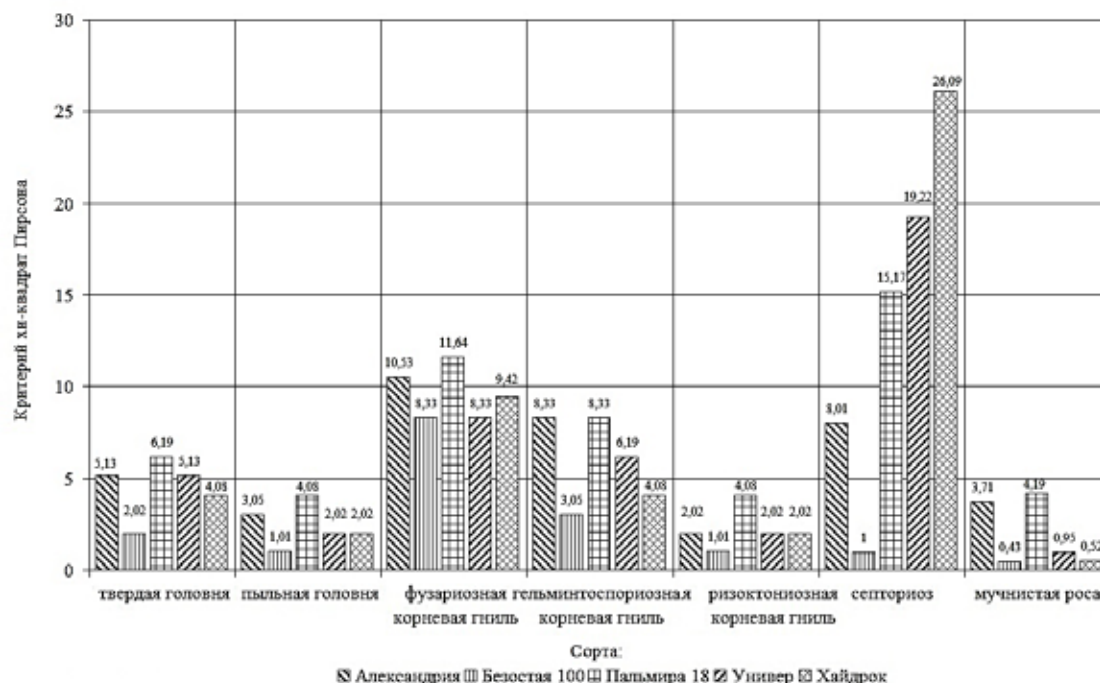


Рис. 4. Оценка соответствия между наблюдаемыми распределениями по критерию χ^2 (хи-квадрат Пирсона, теоретическое значение $\chi^2_{05} = 3,84$) при применении препарата Ламадор

Таблица 5

Урожайность сортов пшеницы мягкой озимой, ц/га

Препарат/посевные качества	Сорта				
	Александрия	Безостая 100	Пальмира 18	Универ	Хайдрок
Без протравливания – контроль	53,8	55,3	29,2	58,4	72,5
Виал Трио, ВСК	57,3	57,0	34,7	61,1	75,7
Ламадор, КС	55,8	56,6	31,5	61,1	75,3

$HCp_{05} = 1,7$

Для уборки использовали комбайн «Сампо-500», после чего руководствовались инструкцией, имеющейся во втором выпуске методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [10], в которой рекомендуется после уборки малогабаритным комбайном взвешивать зерно с каждой делянки с точностью до 0,1 кг и отбирать средний образец для определения влажности и качества зерна. Затем урожайность необходимо привести к влажности 14 %. Результаты полученной урожайности показаны в табл. 5.

Обработав эти данные методом дисперсионного анализа [1], получили соответствие в прибавках урожайности сортов в опытных вариантах с тем, как развивались болезни и какое изначальное влияние на них оказывали протравители семян.

В то же время для выяснения полноты сложившихся факторов наиболее вредоносных болезней (септориоз и мучнистая роса) периода исследований, применили регрессионный анализ, основу которого составило уравнение регрессии

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}}, \quad (3)$$

и получили, для септориоза – $r = -0,608$ (обратная корреляция); для мучнистой росы – $r = -0,197$.

Таким образом, коэффициент детерминации d_{yx} для септориоза составил 0,37; для мучнистой росы – 0,04. Это означает снижение продуктивности растений сортов озимой пшеницы при отсутствии защиты до 37% от септориоза и до 4% от мучнистой росы.

Заключение

1. Применение двухкомпонентных протравителей семян (Ламадор) на озимой пшенице позволяет получать прибавку урожая её сортов до 2,8 ц/га.

2. Применение трёхкомпонентных протравителей семян (Виал Трио) на озимой

пшенице позволяет получать прибавку урожая её сортов до 5,5 ц/га.

3. Сорт пшеницы мягкой озимой Безостая 100 очень незначительно реагировал в сложившихся условиях на патоккомплекс болезней. Возможно, данный сорт имеет пассивный врожденный иммунитет, обусловленный определенными физиолого-биохимическими факторами, проявляющимися в зоне выращивания.

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. С. 19.
2. Федин А.М., Роговский Ю.А., Исаева Л.В., Уханова О.И., Тришкин С.А., Кабалкина Н.А., Жеребной И.Г., Шишков П.С., Кикава Л.Д., Горпинченко Т.В., Демкин П.П. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. М.: ООО «Группа Компаний Море», 2019. 385 с.
3. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2005. 30 с.
4. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации в 2021 году. Часть I: Пестициды (официальное издание). М.: Издательство Минсельхоза России, 2021. С. 261, 265.
5. Павлюк Н.Т., Шенцев Г.Д. Влияние протравителей на посевные качества семян зерновых культур // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (51). С. 21–25.
6. Кошеляев В.В., Кудин С.М., Кошеляева И.П. Влияние протравителей на адаптационные свойства посевов озимой пшеницы // Нива Поволжья. 2014. № 4 (33). С. 66–72.
7. Горяников Ю.В., Хубиева З.Х. Влияние посевных качеств семян на всхожесть сортов пшеницы мягкой озимой // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 4 (36). С. 60–64.
8. Горяников Ю.В., Акбаев Х.Ю. Состояние посевов пшеницы мягкой озимой в зимний период в зависимости от сроков и интенсивности осеннего кушения // Вестник АПК Ставрополя. 2020. № 1 (37). С. 47–53.
9. Усманов Р.Р., Хохлов Н.Ф. Методика опытного дела (с расчетами в программе Excel): практикум. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020. 155 с.
10. Федин М.А., Роговский Ю.А., Исаева Л.В., Панферов Ю.П., Кабалкина Н.А., Тришкин С.А., Заславская И.В., Уханова О.И., Бессарабов С.Э., Заикина З.С., Муратова Г.А., Романова Л.М., Ролев В.С., Суслина С.С., Тарасова Л.Е., Масчева Н.И., Талис В.К., Добровольская Г.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй (зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры). Калинин: Областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Калининского облисполкома, 1989. С. 20, 22.
11. Львовский С.М. Основы математического анализа: учебник для вузов. М.: Высшая школа экономики, 2021. 367 с.

УДК 635.657:631.527

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НУТА (*CICER ARIETINUM* L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ

Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н., Субботин А.Г., Шьюрова Н.А., Сугробов А.Ф.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»,
Саратов, e-mail: mukhatova1995@list.ru, subbotinag2014@mail.ru,
yurovana@sgau.ru, 79649991422@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований по группировке 25 сортов нута коллекции ВИР с помощью кластерного и факторного анализа. Проведена базовая статистическая оценка параметров, в результате которой выявлена сильная, средняя и слабая изменчивость хозяйственно ценных признаков. Проведена группировка методом кластерного анализа сортов нута по комплексу вегетативных и генеративных признаков. Распределение сортов нута по минимуму евклидовых расстояний на 18 шаге итерации (евклидово расстояние 16,22) позволило выделить 7 кластеров. Определение значимости различий между кластерами проведено с использованием дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений. Существенные различия между кластерами выявлены по следующим признакам: число ветвей первого порядка, высота прикрепления нижнего боба, период «всходы – цветение», число бобов на одно растение, масса зерна с одного растения, число семян с одного растения, урожайность. По параметрам: длина и толщина стебля, длина и ширина боба, масса 1000 семян различия по кластерам не значимы. На основании базы данных, включающей параметры 25 сортов нута по 12 показателям вегетативных и генеративных признаков нута, вычислили матрицу коэффициентов корреляции, включающую 66 взаимосвязей. При расчете весов переменных на компоненты установлено, что наибольший вклад в накапливаемую дисперсию (51,22%) вносят два первых гипотетических фактора. В качестве исходного материала в селекции нута целесообразно использовать следующие сорта нута: на высокорослость и высоту прикрепления нижнего боба (к-2797; к-3073 ILC-1799; к-1724 Узбекский 8; к-1241 Кинельский 17; к-1238 Крымский 150; к-2943 ILC-6856; к-1258 Юбилейный; к-2797; к-2793 Flip 91-45); на крупносемянность (к-3097 ILC-8041; к-3073 ILC-1799); на урожайность (к-3097 ILC-8041; к-2941 ILC-6842; к-2307; к-2899 Местный; к-2940 ILC-6816; к-1258 Юбилейный; к-2841 ILC-4766).

Ключевые слова: нут, кластер, фактор, сорт нута, признак, дисперсия, корреляция, изменчивость, евклидово расстояние

EVALUATION OF THE INITIAL MATERIAL FOR BREEDING CHICKER (*CICER ARIETINUM* L.) USING MULTIVARIATE STATISTICS METHODS

Zhuzhukin V.I., Mukhatova Zh.N., Subbotin A.G., Shyurova N.A., Sugrobov A.F.

N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, Saratov, e-mail: mukhatova1995@list.ru,
subbotinag2014@mail.ru, yurovana@sgau.ru, 79649991422@yandex.ru

The article presents the results of research on the grouping of 25 chickpea varieties from the VIR collection using cluster and factor analysis. A basic statistical assessment of the parameters was carried out, as a result of which strong, medium and weak variability of economically valuable traits was revealed. Grouping by the method of cluster analysis of variety samples according to a complex of vegetative and generative traits was carried out. The distribution of varieties according to the minimum of Euclidean distances at the 18th iteration step (Euclidean distance 16,22) made it possible to identify 7 clusters. The determination of the significance of differences between clusters was carried out using analysis of variance by the method of disorganized repetitions. Significant differences between the clusters were revealed according to the following features: the number of branches of the first order, the height of attachment of the lower bean, the period of "shoots - flowering", the number of beans per 1 plant, grain weight per 1 plant, the number of seeds per 1 plant, yield. According to the parameters: length and thickness of the stem, length and width of the pod, weight of 1000 seeds, the differences in clusters are not significant. Based on the database, which includes the parameters of 25 variety samples for 12 indicators of vegetative and generative traits of chickpea, a matrix of correlation coefficients was calculated, including 66 relationships. When calculating the weights of variables for the components, it was found that the largest contribution to the accumulated variance (51,22%) is made by the first two hypothetical factors. As a source material in chickpea breeding, it is advisable to use the following varieties: for tallness and height of attachment of the lower bean (k-2797; k-3073 ILC-1799; k-1724 Uzbekistan 8; k-1241 Kinelsky 17; k-1238 Krymsky 150; k -2943 ILC-6856; k-1258 Jubilee; k-2797; k-2793 Flip 91-45); for large seeds (k-3097 ILC-8041; k-3073 ILC-1799); for productivity: k-3097 ILC-8041; k-2941 ILC-6842; k-2307; k-2899 Local; k-2940 ILC-6816; k-1258 Jubilee; k-2841 ILC-4766.

Keywords: chickpeas, cluster, factor, variety, trait, variance, correlation, variability, Euclidean distance

Нут (*Cicer arietinum* L.) – ценная зерно-бобовая культура. Семена нута широко используют в качестве сырья для консервной и пищевой промышленности [1, 2]. По дан-

ным работ ряда авторов использование зерна нута (бараний горох) может быть успешным решением проблемы производства более дешевых качественных сбалансиро-

ванных по протеину комбикормов и продуктов питания [3–5]. Значительная количественная изменчивость содержания белка в семенах нута (в пределах 12,6–31,0%) объясняется биосинтезом в семенах, на которые влияют генотипические особенности сортов, почвенно-метеорологические условия и наличие клубеньковых бактерий. Отмечается в различных источниках, что семена нута, в сравнении с семенами других бобовых культур, обогащены липидами, отличающимися высокими пищевыми свойствами, а также некоторые сортообразцы содержат мало клетчатки, что имеет определенное значение при составлении рационов питания [6].

При создании сортов с заданными свойствами необходимо знать границы изменчивости, оптимальные значения признаков растения и основные закономерности их связи в данных условиях его произрастания. Для нута накоплено определенное число сведений об изменчивости и взаимосвязях признаков [7]. В Нижнем Поволжье наиболее урожайны скороспелые формы нута с продолжительностью периода «всходы – созревание» не более 70–75 суток. В условиях сухостепной зоны Поволжья (в Красном Куте, расположенном севернее по Волге) также наиболее урожайны среднеспелые формы [1, 4]. Коэффициент вариации урожайности зерна у них составляет 46,4% против 53,4% у скороспелых и 56,8% у позднеспелых. Кроме общей продолжительности вегетационного периода существенное значение в формировании урожайности имеет соотношение межфазных периодов: «всходы – цветение» и «цветение – созревание» [2]. В решении задач по созданию новых сортов, адаптированных к условиям недостаточного увлажнения Нижневолжского региона необходимо изучить перспективный исходный материал для включения в селекционную программу.

Методы многомерной статистики позволяют селекционеру проводить объективную комплексную оценку исходного материала. В настоящее время для разделения исходного множества объектов на группы широко используют кластерный анализ, путем попарного сравнения по выбранным критериям [8, 9].

Цель исследования – с помощью кластерного и факторного анализа провести группировку сортообразцов нута коллекции ВИР и выделить источники селекционно ценных параметров.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть проводилась на опытном поле ООО ОВП «Покровское» Энгельсского района в 2019–2020 гг. В исследованиях задействовано 25 сортообразцов нута из мировой коллекции ВИР. Учетная площадь делянки – 3,5 м², длина – 5,5 м, ширина междурядий 0,7 м, (35 семян на 1,4 м длины делянки). Повторность трехкратная. Агротехника возделывания зональная. Почвы опытного участка – темно-каштановые среднесуглинистые по механическому составу. Такие почвы обладают высокой влагоемкостью и вододерживающей способностью. Содержание гумуса в пахотном слое 3,38–3,56%. Гидротермический коэффициент за период с мая по август составил: 2019 г. – 0,29; 2020 г. – 0,20. Учеты вегетативных и генеративных признаков проводились согласно Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур и Классификатору рода *Cicer* L. (Нут) [10]. Полученные данные обрабатывали с помощью программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции «Agros» версии 2.09.

Результаты исследования и их обсуждение

Для характеристики и оценки изменчивости сортообразцов нута была проведена базовая статистическая оценка параметров, в результате которой выявлена сильная, средняя и слабая изменчивость хозяйственно ценных признаков. Результаты представлены в таблице 1.

Сильной изменчивостью ($V > 20\%$) отличаются следующие признаки: число ветвей первого порядка, высота прикрепления нижнего боба, число бобов на одно растение, масса семян с одного растения, число семян с одного растения, урожайность. Средней изменчивостью ($V = 10–20\%$) характеризуются параметры: длина и толщина стебля, ширина боба, масса 1000 семян. Период всходы – цветение и длина боба относятся к признакам со слабой изменчивостью ($V < 10\%$).

С целью использования в селекционной работе выделены сортообразцы, отличающиеся по наиболее важным хозяйственно ценным признакам, включающим длину стебля, высоту прикрепления нижнего боба, массу 1000 семян, число семян с одного растения, урожайность.

Таблица 1

Общая характеристика изменчивости хозяйственно ценных признаков
коллекции сортообразцов нута, среднее 2019–2020 гг.

Признак	Lim.		$\bar{x}$	S^2	s	$V, \%$	$S\bar{x}$
	min	max					
Длина стебля, см	24,20	54,10	39,00	54,50	7,38	18,92	1,48
Толщина стебля, см	0,50	1,00	0,73	0,02	0,12	16,44	0,02
Число ветвей первого порядка, шт.	2,60	13,30	6,76	5,97	2,44	36,09	0,49
Высота прикрепления нижнего боба, см	10,40	25,80	16,58	18,00	4,24	25,57	0,85
Период всходы – цветение, сутки	40,00	44,00	40,64	2,24	1,50	3,69	0,30
Длина боба, см	1,90	3,00	2,56	0,06	0,24	9,38	0,05
Ширина боба, см	1,10	1,60	1,29	0,02	0,14	10,85	0,03
Число бобов на одно растение, шт.	12,30	108,50	56,63	498,72	22,33	39,43	4,47
Масса 1000 семян, г.	179,10	360,60	280,42	2271,36	47,66	17,00	9,53
Масса семян с одного растения, г.	2,10	12,90	10,01	10,19	3,19	31,87	0,64
Число семян с одного растения, шт.	8,90	56,70	35,78	148,71	12,19	34,07	2,44
Урожайность, т/га	0,70	3,90	3,03	0,93	0,96	31,68	0,19

Примечание. $\bar{x}$ – среднее значение; S^2 – дисперсия; s – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации; $S\bar{x}$ – ошибка средних.

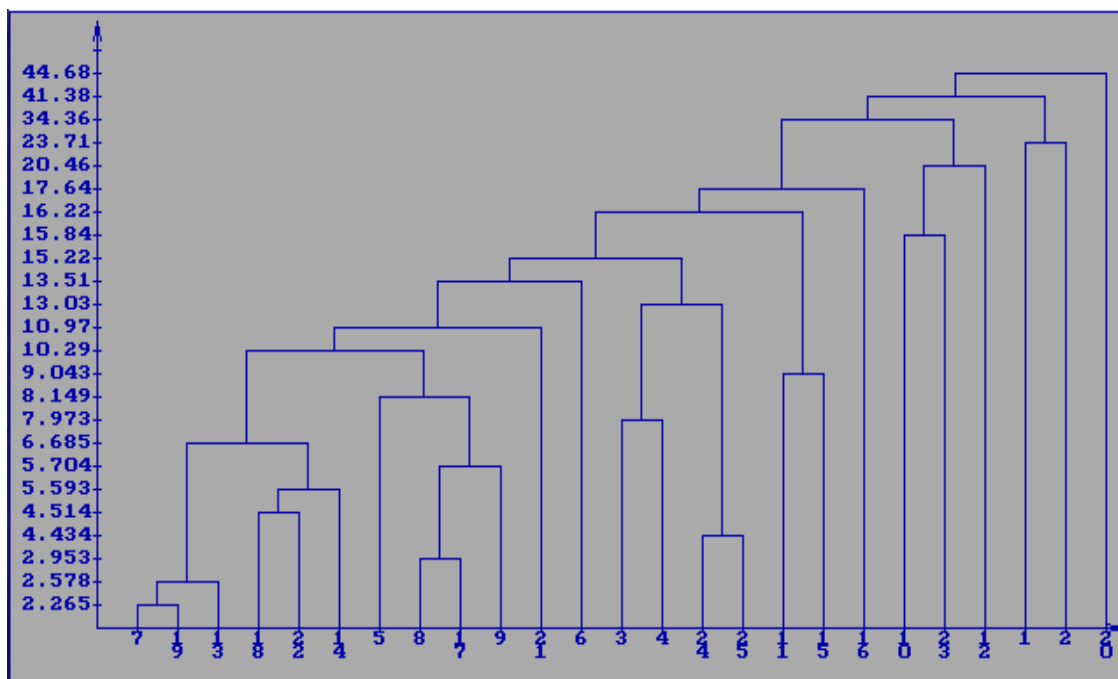
Интервал варьирования признака длина стебля составил 24,2–54,1 см. Наибольшей длиной стебля (более 45 см) отличались следующие сортообразцы: к-2797; к-3073 ILC-1799; к-1724 Узбекский 8; к-1241 Кинельский 17; к-1238 Крымский 150; к-2943 ILC-6856. Высота прикрепления нижнего боба варьирует в пределах 10,4–25,8 см. Высоким прикреплением нижнего боба (выше 20 см) характеризовались сортообразцы: к-1258 Юбилейный; к-2797; к-2793 Flip 91-45; к-1238 Крымский 150; к-1241 Кинельский 17. Признак масса 1000 семян варьирует в пределах 179,1–360,6 г. В опыте установлены крупносемянные сортообразцы (масса 1000 семян более 350 г) – к-3097 ILC-8041; к-3073 ILC-1799. Размах варьирования числа семян с одного растения составляет 8,9–56,7 шт. Наибольшее число семян с одного растения (более 45 шт.) было выявлено у сортообразцов: к-2841 ILC-4766; к-2286 ILC 266; к-1724 Узбекский 8; к-2944 ILC-6858; к-2940 ILC-6816; к-1258 Юбилейный. Интервал варьирования по урожайности – 0,7–3,9 т/га. Наибольшей урожайностью (3,7 т/га) характеризовались генотипы: к-3097 ILC-8041; к-2941 ILC-6842; к-2307; к-2899 Местный; к-2940 ILC-6816; к-1258 Юбилейный; к-2841 ILC-4766.

С целью распределения сортообразцов по комплексу вегетативных и генеративных признаков провели и группировку методом кластерного анализа. Распределение сортообразцов по минимуму евклидовых расстояний на 18 шаге итерации (евклидово расстояние 16,22) позволило выделить 7 кластеров (рисунок).

Первый кластер самый многочисленный (к-2307, к-2941 ILC-6842, к-2799 87AK71112, к-2940 ILC-6816, к-2960 Flip91-46, к-2841 ILC-4766, к-2138 CUNUN-11, к-2397 Краснокутский 36, к-2901 Местный, к-2511 СПК-479, к-2944 ILC-6858, к-2286 ILC 266, к-1258 Юбилейный, к-1724 Узбекский 8, к-3073 ILC-1799, к-3097 ILC-8041) и характеризуется самым высоким числом семян с одного растения относительно других кластеров, высокой массой семян и числом бобов с одного растения, урожайностью.

Во втором кластере сортообразцы (к-2793 Flip 91-45, к-2893 51/В) с наибольшим значением по признаку масса 1000 семян и большой высотой прикрепления нижнего боба.

Третий кластер (к-2899) выделяется самым высоким значением параметров: масса семян с одного растения и урожайность; низким значением признака высота прикрепления нижнего боба, а также высокой массой 1000 семян и числом семян с одного растения.



Кластеризация сортообразцов нута

Примечание. По вертикали – шаги итерации; по горизонтали – название сортообразцов: 1) к-1238 Крымский 150; 2) к-1241 Кинельский 17; 3) к-1258 Юбилейный; 4) к-1724 Узбекистанский 8; 5) к-2138 CUNUN-11; 6) к-2286 ILC 266; 7) к-2307; 8) к-2397 Краснокутский 36; 9) к-2511 СПК-479; 10) к-2616 Заволжский; 11) к-2793 Flip 91-45; 12) к-2797; 13) к-2799 87AK71112; 14) к-2841 ILC-4766; 15) к-2893 51/B; 16) к-2899 Местный; 17) к-2901 Местный; 18) к-2940 ILC-6816; 19) к-2941 ILC-6842; 20) к-2943 ILC-6856; 21) к-2944 ILC-6858; 22) к-2960 Flip91-46; 23) к-2965 Flip 91-188; 24) к-3073 ILC-1799; 25) к-3097 ILC-8041.

В четвертый кластер включены сортообразцы (к-2616 Заволжский, к-2965 Flip 91-188, к-2797) с самой низкой массой и числом семян с одного растения и урожайностью.

Сортообразец пятого кластера (к-1238 Крымский 150) выделяется длинностебельностью, высоким прикреплением нижнего боба, низкими значениями признаков: число бобов на одно растение, масса семян с одного растения, число семян с одного растения, урожайность.

Шестой кластер (к-1241 Кинельский 17) характеризуется самым высоким прикреплением нижнего боба, длинным стеблем и самой низкой массой 1000 семян.

Сортообразец седьмого кластера (к-2943 ILC-6856) выделяется высокими значениями признаков: масса 1000 семян, масса семян с одного растения, число семян с одного растения, урожайность, а также самым длинным стеблем, самым высоким числом ветвей первого порядка и числом бобов на одно растение.

Определение значимости различий между кластерами проведено с использо-

ванием дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений. Статистическая обработка хозяйственно ценных параметров сортообразцов нута, сгруппированных по кластерам, позволила выявить достоверные различия. Корректность распределения сортообразцов по кластерам подтверждена результатами дисперсионного анализа (табл. 2).

Существенные различия между кластерами выявлены по следующим признакам: число ветвей первого порядка, высота прикрепления нижнего боба, период «всходы – цветение», число бобов на одно растение, масса зерна с одного растения, число семян с одного растения, урожайность. По параметрам: длина и толщина стебля, длина и ширина боба, масса 1000 семян – различия по кластерам не значимы.

На основании базы данных, включающей параметры 25 сортообразцов по 12 показателям вегетативных и генеративных признаков нута, вычислили матрицу коэффициентов корреляции, включающую 66 взаимосвязей (табл. 3).

Таблица 2

Дисперсионный анализ
вегетативных и генеративных признаков сортообразцов нута,
группированных по кластерам, среднее 2019–2020 гг.

Признаки	Кластеры							F _{факт}	НСР ₀₀₅
	1	2	3	4	5	6	7		
Длина стебля, см	36,8	38,8	39,8	38,4	50,8	48,8	54,1	2,13	–
Толщина стебля, см	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	1,0	1,61	–
Число ветвей первого порядка, шт.	7,0a	4,0a	3,6a	6,0a	5,6a	4,6a	13,3b	3,06*	3,96
Высота прикрепления нижнего боба, см	14,9ab	20,9bcd	14,1a	16,0ab	25,7cd	25,8d	19,6abcd	4,76*	5,91
Период «Всходы – цветение», сутки	40,0a	40,0a	44,0d	41,3a	44,0bcd	44,0cd	40,0a	12,12*	1,49
Длина боба, см	2,6	2,6	2,9	2,3	2,5	2,5	3	1,92	–
Ширина боба, см	1,3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,1	1,6	2,62	–
Число бобов на одно растение, шт.	64,6b	32,6ab	49,3b	42,7ab	12,3a	41,2ab	108,5c	4,89*	31,38
Масса 1000 семян, г	283,6	308,8	306,7	267,1	240,7	236,1	306,9	0,5	–
Масса семян с одного растения, г	11,5d	10,5cd	12,1d	3,2a	3,9a	8,8bc	11,5d	25,15*	2,33
Число семян с одного растения, шт.	41,1c	34,1bc	39,5c	11,7a	19,1ab	37,3c	37,6c	6,95*	14,99
Урожайность, т/га	3,5d	3,2cd	3,7d	1,0a	1,2a	2,7bc	3,5d	26,19*	0,69

Пр и м е ч а н и е . Одинаковые буквы указывают на отсутствие различий (по критерию Дункана).

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции сортообразцов нута, 2019–2021 гг.

	Признак											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,00	0,73	0,30	0,70	0,28	0,24	0,23	0,06	-0,07	-0,26	-0,22	-0,32
2	0,73	1,00	0,30	0,55	0,17	0,29	0,43	0,16	-0,11	-0,02	0,03	-0,15
3	0,30	0,30	1,00	-0,23	-0,35	0,32	-0,12	0,58	0,16	0,21	0,19	-0,19
4	0,70	0,55	-0,23	1,00	0,35	0,00	0,24	-0,31	-0,18	-0,27	-0,23	-0,25
5	0,28	0,17	-0,35	0,35	1,00	-0,21	-0,12	-0,48	-0,22	-0,43	-0,33	-0,10
6	0,24	0,29	0,32	0,00	-0,21	1,00	0,35	0,29	0,13	0,41	0,31	-0,11
7	0,23	0,43	-0,12	0,24	-0,12	0,35	1,00	0,13	-0,03	0,08	0,01	0,06
8	0,06	0,16	0,58	-0,31	-0,48	0,29	0,13	1,00	0,29	0,44	0,34	0,06
9	-0,07	-0,11	0,16	-0,18	-0,22	0,13	-0,03	0,29	1,00	0,34	-0,23	-0,03
10	-0,26	-0,02	0,21	-0,27	-0,43	0,41	0,08	0,44	0,34	1,00	0,82	0,50
11	-0,22	0,03	0,19	-0,23	-0,33	0,31	0,01	0,34	-0,23	0,82	1,00	0,56
12	-0,32	-0,15	-0,19	-0,25	-0,10	-0,11	0,06	0,06	-0,03	0,50	0,56	1,00

Пр и м е ч а н и е . *1) длина стебля; 2) толщина стебля; 3) число ветвей первого порядка; 4) высота прикрепления нижнего боба; 5) период «всходы – цветение»; 6) длина боба; 7) ширина боба; 8) число бобов на одно растение; 9) масса 1000 семян; 10) масса семян с одного растения; 11) число семян с одного растения; 12) урожайность.

**Критическое значение $r_{0,05} = 0,396$, $r_{0,01} = 0,505$.

Значимыми на 5% уровне оказались 12 коэффициентов корреляции. Высокие корреляционные связи выявлены между длиной и толщиной стебля ($r = 0,73$), высотой прикрепления нижнего боба и длиной стебля ($r = 0,70$), массой и числом семян с одного растения ($r = 0,82$). Средние положительные корреляционные связи выявлены между следующими признаками: высота прикрепления нижнего боба и толщина стебля ($r = 0,55$), ширина боба и толщина стебля ($r = 0,43$), число бобов на одно растение и число ветвей первого порядка ($r = 0,58$), масса семян с одного растения и длина боба ($r = 0,41$), масса семян с одного растения и число бобов на одно растение ($r = 0,44$), урожайность и масса семян с одного растения ($r = 0,50$), урожайность и число семян с одного растения ($r = 0,56$). Выявлены значимые отрицательные корреляционные связи по признакам: число бобов на одно растение и период «всходы – цветение» ($r = -0,48$), масса семян с одного растения и период «всходы – цветение» ($r = -0,43$).

Преобразование матрицы коэффициентов корреляции в факторные нагрузки (метод главных компонент) сортообразцов нута коллекции ВИР позволило рассчитать семь гипотетических факторов (табл. 4).

Факторы Z-8, Z-9, Z-10, Z-11, Z-12 вносят в накапливаемую дисперсию несущественный вклад (менее 5%).

При расчете весов переменных на компоненты установлено, что наибольший вклад (28,41 %) в первый гипотетический фактор вносят следующие признаки: длина стебля, высота прикрепления нижнего боба, период «всходы – цветение», число бобов на одно растение, масса семян с одного растения, число семян с одного растения, урожайность. В дисперсию второго гипотетического фактора (22,81 %) вносят параметры: длина стебля, толщина стебля, число ветвей первого порядка, длина боба, ширина боба. В накапливаемой дисперсии (14,01 %) третьего фактора наибольший эффект определяют признаки: число ветвей первого порядка, масса 1000 семян, число семян с одного растения, урожайность. Длина боба и масса 1000 семян, а также суммарный эффект других признаков определяют дисперсию (9,13 %) четвертого гипотетического фактора. Масса 1000 семян и суммарный вклад остальных изучаемых признаков определяют эффект пятого фактора (дисперсия 7,37 %). Накапливаемую дисперсию (6,15 %) шестого фактора существенный вклад определяет признак – длина боба. Дисперсия (4,64 %) седьмого гипотетического фактора определяется высотой прикрепления нижнего боба, периодом «всходы – цветение» и суммарным эффектом других признаков.

Таблица 4

Факторные нагрузки, 2019–2021 гг.

Признак	Гипотетический фактор						
	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Z-6	Z-7
Длина стебля	0,49	-0,77	0,01	-0,15	0,20	0,05	-0,04
Толщина стебля	0,26	-0,84	-0,20	-0,09	0,10	0,17	0,09
Число ветвей первого порядка	-0,38	-0,53	0,50	-0,45	0,01	0,05	0,10
Высота прикрепления нижнего боба	0,66	-0,45	-0,31	0,07	0,20	0,01	-0,42
Период «всходы – цветение»	0,68	0,11	-0,23	-0,13	0,36	-0,22	0,49
Длина боба	-0,33	-0,62	-0,04	0,19	-0,21	-0,60	0,13
Ширина боба	0,02	-0,50	-0,35	0,59	-0,39	0,24	0,18
Число бобов на одно растение	-0,62	-0,44	0,32	-0,07	0,00	0,33	0,13
Масса 1000 семян	-0,30	-0,07	0,51	0,58	0,55	-0,03	-0,01
Масса семян с одного растения	-0,84	-0,18	-0,29	0,10	0,29	-0,17	-0,12
Число семян с одного растения	-0,73	-0,14	-0,54	-0,33	0,01	-0,12	-0,10
Урожайность	-0,49	0,24	-0,62	0,01	0,29	0,30	0,16
Дисперсия	3,41	2,74	1,68	1,10	0,89	0,74	0,56
Дисперсия, %	28,41	22,81	14,01	9,13	7,37	6,15	4,64
Накопленная дисперсия, %	28,41	51,22	65,23	74,36	81,74	87,89	92,53

Заключение

В эксперименте установлены значительные различия сортообразцов коллекции ВИР по хозяйственно ценным признакам. С целью группировки сортообразцов проведено распределение на классы по комплексу вегетативных и генеративных параметров. Существенные различия между кластерами выявлены по следующим признакам: число ветвей первого порядка, высота прикрепления нижнего боба, период «всходы – цветение», число бобов на одно растение, масса зерна с одного растения, число семян с одного растения, урожайность. Оптимизация интерпретации матрицы коэффициентов корреляции позволила выявить 12 гипотетических факторов. При расчете весов переменных на компоненты установлено, что наибольший вклад в накапливаемую дисперсию (51,22%) вносят два первых гипотетических фактора.

В качестве исходного материала в селекции нута целесообразно использовать следующие сортообразцы: на высокорослость и высоту прикрепления нижнего боба (к-2797; к-3073 ILC-1799; к-1724 Узбекистанский 8; к-1241 Кинельский 17; к-1238 Крымский 150; к-2943 ILC-6856; к-1258 Юбилейный; к-2797; к-2793 Flip 91-45); на крупносемянность (к-3097 ILC-8041; к-3073 ILC-1799); на урожайность (к-3097 ILC-8041; к-2941 ILC-6842; к-2307; к-2899 Местный; к-2940 ILC-6816; к-1258 Юбилейный; к-2841 ILC-4766).

Список литературы

1. Балашов В.В., Балашов А.В., Булынец С.В. Селекция нута в Волгоградском государственном аграрном университете – 50 лет // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2014. Т. 175. № 3. С. 83–97.
2. Vishnyakova M.A., Seferova I.V. Soybean genetic resources for the production in the NonChernozem zone of the Russian Federation. Legume perspectives. The journal of the International Legume Society. Novi Sad, Serbia, 2013. Issue 1. P. 7–9.
3. Булынец С.В., Новикова Л.Ю., Гриднев Г.А. Результаты изучения коллекционных образцов нута в условиях Тамбовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 1 (21). С. 9–17.
4. Германцева Н.И. Результаты и перспективы селекции нута на Красноярской станции // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 1 (21). С. 9–14.
5. Мухатова Ж.Н., Жужукин В.И. Изучение изменчивости сортообразцов нута (*Cicer arietinum* L.) коллекции ВИР в условиях Нижнего Поволжья // Агробиотехнология-2021: сборник статей международной научной конференции (Москва, 24–25 ноября 2021 г.). М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 495–499.
6. Вишнякова М.А. Коллекция генетических ресурсов зернобобовых ВИР как неотъемлемая составляющая основы продовольственной, экологической и биоресурсной безопасности // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 3 (23). С. 29–32.
7. Германцева Н.И., Селезнева Т.В. Новые сорта нута и технология их возделывания // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2 (10). С. 70–75.
8. Вус Н.А., Кобызева Л.Н., Безуглая О.Н. Определение селекционной ценности коллекционных образцов нута (*Cicer arietinum* L.) методом кластерного анализа // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 3. С. 244–251.
9. Кузьмина С.П., Казыдуб Н.Г., Черненко Е.А. Перспективы и результаты изучения коллекции нута в Омском ГАУ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178. № 1. С. 48–57.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. 329 с.

УДК 633.15:57.04

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

¹Зайцев С.А., ¹Волков Д.П., ¹Носко О.С., ¹Лёвкина А.Ю., ¹Гусева С.А., ²Гудова Л.А.

¹ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт
сорго и кукурузы» («Россорго»), Саратов, e-mail: zea_mays@mail.ru, genomix@mail.ru,
ocsananosko@yandex.ru, albinka.levkina@mail.ru, s.guseva76@mail.ru;

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратов,
e-mail: abelia77@mail.ru

В статье представлены результаты изучения двухфакторного опыта, в котором фактор А – сорт, а фактор В – густота стояния растений. В опыте использовали сорта и гибриды кукурузы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (РНИИСК 1, Неон 147 МВ, Радикал, Инсайд, РСК Заря, РСК Аврора, Радуга), которые возделывались при плотности посева 45, 65, 85 тыс. раст./га. В условиях 2020 г. самая высокая урожайность зерна на густоте 45 тыс. раст./га выявлена у гибрида Инсайд – 2,44 т/га. При густоте стояния растений 65 и 85 тыс. раст./га высокую урожайность сформировала сорт-популяция РСК Заря – 3,92 т/га и 3,12 т/га соответственно. Значения множественных средних частных по фактору «А» находились в диапазоне 2,43–3,39 т/га. Самое низкое среднее значение урожайности зерна по фактору «В» выявлено при загущении (85 тыс. раст./га) – 2,16 т/га. В 2021 г. самая высокая урожайность зерна при густоте стояния 45 тыс. зафиксирована у гибридов Инсайд и Радикал – 2,44 т/га и 2,39 т/га соответственно, при 65 тыс. раст./га – у сорта РСК Аврора, 2,89 т/га, при 85 тыс. раст./га у гибрида Инсайд – 3,16 т/га. При множественном сравнении частных средних по фактору «А» самое высокое значение признака установлено у генотипов РНИИСК 1 и Инсайд. В среднем по фактору В самая высокая урожайность зерна формируется при густоте 85 тыс. раст./га. – 2,79 т/га. В опыте установлено различное влияние факторов А, В и АВ на изменчивость таких признаков, как высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зеленой массы и зерна кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, высота растений, высота прикрепления початка, густота стояния растений

FACTORS DETERMINING THE YIELD OF GRAIN AND GREEN MASS OF CORN IN THE LOWER VOLGA REGION

¹Zaytsev S.A., ¹Volkov D.P., ¹Nosko O.S., ¹Levkina A.Yu., ¹Guseva S.A., ²Gudova L.A.

¹Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”, Saratov, e-mail: zea_mays@mail.ru,
genomix@mail.ru, ocsananosko@yandex.ru, albinka.levkina@mail.ru, s.guseva76@mail.ru;

²Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region, Saratov, e-mail: abelia77@mail.ru

The article presents the results of studying a two-factor experiment, in which factor A is a variety, and factor B is the plant density. In the experiment we used maize varieties and hybrids of the FGBNU RosNIISK «Rossorgo» (RNIISK 1, Neon 147 MV, Radikal, Inside, RSK Zarya, RSK Aurora, Raduga) breeding, which were cultivated at a sowing density of 45, 65, 85 thousand plants/ha. Under the conditions of 2020, the highest grain yield at a density of 45 thousand plants/ha was found in the Inside hybrid – 2.44 t/ha. With a plant density of 65 and 85 thousand plants/ha, the population variety RSK Zarya formed a high yield of 3.92 t/ha and 3.12 t/ha, respectively. 43-3.39 t/ha. The lowest average value of grain yield by factor «B» was found at thickening (85 thousand plants/ha) – 2.16 t/ha. In 2021, the highest grain yield at a standing density of 45 thousand was recorded in the hybrids Inside and Radical 2.44 t/ha and 2.39 t/ha, respectively, at 65 thousand plants/ha – in the variety RSK Aurora – 2.89 t/ha, with 85 thousand plants/ha for the Inside hybrid – 3.16 t/ha. In multiple comparison of private averages for the factor «A», the highest value of the trait was found in the genotypes RNIISK 1 and Inside. On average, according to factor B, the highest grain yield is formed at a density of 85 thousand plants/ha. – 2.79 t/ha. In the experiment, a different influence of factors A, B and AB on the variability of such traits as plant height, cob attachment height, yield of green mass and corn grains was established.

Keywords: corn, yield, plant height, cob attachment height, plant density

Оптимизация густоты стояния кукурузы в каждой конкретной зоне возделывания является необходимым условием создания наиболее продуктивных посевов [1–3], а также одним из решающих факторов программирования ее продуктивности [4]. Известно, что максимум урожая при прочих равных условиях достигается только при определенной площади питания [5]. Как увеличение плотности посева, так и ее снижение приводит к изменению урожая

с единицы площади в меньшую сторону. Площадь питания растений, которая зависит от нормы высева и способа посева, должна устанавливаться с учетом биологических особенностей сортов или гибридов разных групп спелости, а также почвенных, климатических и агротехнических условий конкретных районов возделывания [6]. Загущение приводит к дефициту питательных веществ, водообеспеченности и освещенности [7]. Следствием этого является сниже-

ние количества цветков в будущих початках и метёлках и замедленный рост растений. Нехватка освещения в загущенных посевах в период заложения початка сказывается на его размере, озерненности и выполненности зерна [8].

Снижение полезной продуктивности растения по мере загущения сначала нивелируется увеличением числа растений на единице площади, причем урожай надземной массы и зерна повышается в равной степени, затем начинается заметное взаимное угнетение растений, и урожай снижается (зерна в большей мере, чем надземной массы) [9].

В условиях Нижневолжского региона изучением густоты стояния растений кукурузы на зерно и силос занимались многие исследователи [10–12]. Тем не менее единое мнение относительно нормы высева кукурузы отсутствует, и окончательные рекомендации имеют довольно большой диапазон: от 40 до 100 тыс. В засушливых условиях Саратовской области рекомендуемая густота стояния растений для раннеспелых и среднеранних гибридов составляет 50–65 тыс. раст./га; для среднеспелых – 40–55 тыс. раст./га, однако значительный интервал густоты стояния требует конкретных уточнений для отдельных зон, хозяйств, почвенных и климатических условий [12, 13].

Широкая генетическая изменчивость [14] и высокая экологическая пластичность кукурузы являются важнейшими биологическими особенностями, обеспечивающими адаптацию в широком диапазоне внешних условий [15]. Благодаря высокой биологической приспособляемости кукуруза способна развиваться в широком спектре климатических и почвенных условий. Для полного и эффективного использования потенциала кукурузы её необходимо возделывать по обоснованной технологии и в связи с этим необходимо знать её биологические особенности и основные требования к условиям произрастания [16].

Цель исследования – выявить влияние густоты стояния растений на показатели хозяйственно ценных признаков гибридов и синтетических популяций кукурузы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Саратовской области.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2020–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Схема опыта (двухфакторная) предусматривала изучение следующих

вариантов: фактор «А» – гибриды кукурузы (А1 – РНИИСК-1, А2 – Неон 147 МВ, А3 – Радикал, А4 – Инсайд, А5 – РСК Заря, А6 – РСК Аврора, А7 – Радуга); фактор «В» – густота стояния растений (B_1 – 45 тыс. раст./га, B_2 – 65 тыс. раст./га, B_3 – 85 тыс. раст./га). Общая площадь делянок – 15,4 м², повторность – трехкратная. Посев опытных делянок проведен в 2020 г. – 6 мая, в 2021 г. – 10 мая селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10 при достижении устойчивой температуры воздуха выше 15°C и температуры почвы на глубине заделки семян 12°C. Перед посевом проведены две междурядные культивации. Фаза полных всходов наблюдалась 20 и 22 мая соответственно. Корректировку густоты стояния растений проводили вручную в фазу 3–5 листьев. Уборка проводилась во второй декаде сентября. Гидротермический коэффициент в годы исследований (апрель – сентябрь) составлял 0,8 в 2020 г. и 1,1 – в 2021 г. Исследования в опыте выполняли в соответствии с положениями рекомендаций по проведению полевых опытов с кукурузой [17]. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова [18].

Результаты исследования и их обсуждение

Максимальную высоту растений кукуруза формирует в фазу цветения. При рекомендованной для зоны густоте стояния 45 тыс. высота растений в 2020 г. изменялась в интервале 192,6–205,1 см (табл. 1). Самое высокое значение признака при данной густоте выявлено у гибрида Радуга, превышение над стандартом в абсолютном значении составило 8,4 см.

С увеличением числа растений на единицу площади до 65 тыс. раст./га наблюдалось некоторое снижение значения признака в среднем на 1,3–7,9 см по вариантам опыта, исключение составляют РСК Заря и РСК Аврора. Данные генотипы при густоте 65 тыс. раст./га отличались высокорослостью, значение признака составляло 195,8 и 207,2 см соответственно. Дальнейшее увеличение плотности стеблестоя на единицу площади на 20 тыс. раст./га также привело к снижению высоты растений на 1,1–21,9 см относительно значения признака при рекомендованной густоте стояния растений.

Множественное сравнение частных средних по фактору «В» позволило установить, что при густоте стояния растений 85 тыс. раст./га формируются самые низкие растения – 169,6 см.

Таблица 1

Высота растений сортов и гибридов кукурузы
при разной густоте стояния растений (см), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору «В»
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 МВ	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	192,4	188,8	193,2	196,7	174,5	170,4	191,1	186,70b
65	177,3	179,9	187,9	175,8	195,6	197,1	185,9	185,64b
85	176,6	173,3	172,9	162,5	160,8	175,8	165,5	169,6 a
Среднее по фактору А	182,1	180,6	184,6	178,3	176,9	181,1	180,8	
F _{факт.}	Фактор «А» = 1,40, фактор «В» = 63,85*, взаимодействие «АВ» = 10,82*							
НСР ₀₅	«А» = F _{факт.} < F _{теорет.} , «В» = 3,27, «АВ» = 9,42							
2021 год								
45	201,0	192,0	196,3	189,0	202,7	216,7	216,0	201,95
65	210,7	197,0	197,5	193,6	196,0	217,3	219,8	204,58
85	214,7	194,9	192,4	197,3	204,4	212,9	200,7	202,47
Среднее по фактору А	208,8cd	194,6a	195,4a	193,3a	201,0b	215,6e	212,1de	
F _{факт.}	Фактор «А» = 64,34*, фактор «В» = 1,33, взаимодействие «АВ» = 3,18*							
НСР ₀₅	«А» = 3,51, «В» = F _{факт.} < F _{теорет.} , «АВ» = 8,32							

Пр и м е ч а н и е. Варианты, сопровождающиеся одинаковыми буквами, различаются незначительно по критерию Дункана.

В опыте не выявлено существенных различий по фактору «А», вероятно это связано с тем, что, несмотря на различие по генотипу, гибриды и сорта характеризуются внешним сходством. В то же время они по-разному реагируют на изменения условий среды, то есть на плотность посева, что подтверждается значимым различием средних частных по факторам «В» и «АВ». При сравнении частных средних по фактору «В» установлено, что меньшую высоту растений генотипы формируют при густоте стояния 85 тыс. раст./га. Существенных различий между значениями признака при густоте 45 и 65 тыс. раст./га не выявлено.

Влияние фактора «В» и совместное влияние факторов «АВ» на изменчивость признака «высота растений» распределилось следующим образом: В – 40,6%, АВ – 41,2%.

В условиях 2021 г. варианты характеризовались более высокорослыми растениями. Так, на варианте В₁ высота растений изменялась от 189,0 см до 216,7 см. Высота растений у стандарта составляла 201,0 см. Достоверное превышение признака выявлено

у генотипов РСК Аврора и Радуга – 15,7 см и 15,0 см соответственно. Растения гибридов Неон 147 МВ, Радикал и Инсайд достоверно ниже стандарта. При множественном сравнении частных средних по фактору «А» варианты расположились следующим образом: А₆ > А₇ > А₁ > А₅ > А₄ = А₃ = А₂.

Увеличение густоты стояния растений на 20 тыс. раст./га способствовало некоторому увеличению значений признака на 0,6–9,7 см по вариантам опыта, однако существенных различий между вариантами не установлено. При густоте 85 тыс. раст./га также не выявлено значимых изменений высоты растений у изучаемых генотипов.

Установлено, что влияние фактора «А» на изменчивость признака «высота растений» составило 64,01%, совместное влияние, фактор «АВ» – 16,8%.

Веgetативное состояние растения определяет его потенциальные возможности, которые регулируются элементами сортовой агротехники. Высота заложения определяет возможность механизированной уборки. Достаточная высота прикрепления початка

позволяет минимизировать потери зерна при уборке. Нашими исследованиями установлено, что в 2020 г. независимо от числа растений на единице площади высота прикрепления початка значительна – 69,9 см и выше (табл. 2). Дисперсионный анализ позволил выявить существенные различия средних по фактору «А» и отсутствие различий по фактору «В». Гибриды Неон 147 МВ и Инсайд характеризуются самыми низкими значениями в среднем по фактору «А». Влияние фактора «А» на изменчивость признака составляет 33,2%. Совместное влияние сорта и густоты стояния растений составляет 28,9%.

В условиях 2021 г. высота прикрепления початка по вариантам опыта варьировала в интервале 61,0–97,5 см. При сравнении частных средних по фактору «А» выявлено, что минимальная высота заложения початка характерна для Неона 147 МВ, Радикала, Инсайда, а самая высокая – для РСК Аврора. По мере увеличения признака варианты можно расположить следующим образом $A_2 = A_3 = A_4 < A_5 < A_1 < A_7 < A_6$.

Множественное сравнение частных средних по фактору «В» указывает на более

высокое прикрепление початка при высоте 85 тыс. раст./га, достоверно превышающее значение признака при густоте 45 и 65 тыс. раст./га. Влияние фактора «А» на изменчивость составляло 71,17%, фактора «В» – 7,17%. Совместное влияние факторов «АВ» оказалось незначимо.

В результате исследований выявлено, что урожайность зеленой массы в 2020 г. при густоте 45 тыс. раст./га находилась в интервале 19,53–30,50 т/га. Самую высокую урожайность при данной плотности посева сформировал РНИИСК 1. Следует отметить, что изучаемые сорта и гибриды достоверно не превышали стандарт по данному признаку. При увеличении плотности стеблестоя наблюдается значительное увеличение урожайности зеленой массы по всем гибридам на 4,98–19,32 т/га при 65 тыс. раст./га и на 6,21–20,22 т/га при 85 тыс. раст./га. Наибольшая урожайность зеленой массы на густоте 65 тыс. раст./га выявлена у сортов-синтетиков РСК Аврора и РСК Заря 48,4 и 41,67 т/га соответственно. При повышении плотности посева до 85 тыс. раст./га высокую урожайность биомассы формируют Неон 147 МВ и Радуга, более 40,0 т/га.

Таблица 2

Высота прикрепления початка сортов и гибридов кукурузы
при разной густоте стояния растений (см), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору В
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 MB	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	82,3	69,9	83,1	83,7	78,8	91,2	91,4	82,93
65	78,5	77,6	72,2	71,8	83,1	99,6	88,5	81,63
85	85,4	75,6	77,6	70,7	91,2	73,7	95,2	81,32
Среднее по фактору А	82,09abc	74,41a	77,66ab	75,42a	84,36bcd	88,04cd	91,72d	
F _{факт.}	Фактор «А» = 7,22*, фактор «В» = 0,22, взаимодействие «АВ» = 2,49*							
HCP ₀₅	«А» = 7,49, «В» = F _{факт.} < F _{теорет.} , «АВ» = 13,46							
2021 год								
45	71,0	64,3	63,3	62,7	69,3	89,6	91,7	73,14a
65	76,4	61,0	65,5	66,9	70,0	96,6	90,0	75,20a
85	93,4	69,9	68,2	75,9	77,7	97,5	86,4	81,29b
Среднее по фактору А	80,27c	65,09a	65,68a	68,49a	72,33b	94,60e	89,36d	
F _{факт.}	Фактор «А» = 89,58*, фактор «В» = 9,93*, взаимодействие «АВ» = F _{факт.} < F _{теорет./}							
HCP ₀₅	«А» = 3,84, «В» = 3, 89							

При множественном сравнении частных средних по фактору «А» выявлена более высокая урожайность зеленой массы у РСК Аврора (37,86 т/га). В целом установлены достоверные различия между всеми сортами и гибридами опыта. По мере увеличения средней урожайности фактора «А» варианты расположились следующим образом: $A_3 < A_4 < A_7 < A_1 < A_2 < A_5 < A_6$ (табл. 3).

Значения средних частных по фактору «В» изменялись от 24,28 т/га до 36,40 т/га. Установлено достоверное различие между B_1 , B_2 , B_3 . Самая высокая урожайность зеленой массы сформирована сортами и гибридами при густоте стояния растений 85 тыс. раст./га.

Установлено, что большее влияние на изменчивость признака «урожайность зеленой массы» в 2020 г. оказал фактор «В» (густота стояния растений) – 46,74%, несколько ниже совместное влияние факторов «АВ» – 30,32%. Менее существенное влияние оказал фактор «А» (сорт) – 16,90%.

Погодные условия 2021 г. не способствовали получению высокого урожая зеленой массы. Так, относительно урожайности зеленой массы, полученной в 2020 г., наблюдалось значительное снижение показателя. На густоте стояния растений 45 тыс. раст./га урожайность зеленой массы изменялась в пределах 12,25–25,69 т/га. Все изучаемые сорта

и гибриды существенно превысили стандарт по урожайности зеленой массы. Превышение над стандартом при данной густоте составило 2,47–13,44 т/га. Максимальная урожайность выявлена у гибрида Радуга. С увеличением числа растений на 20 тыс. на единицу площади наблюдается увеличение урожайности зеленой массы практически по всем вариантам опыта. Прибавка составила 1,53 т/га (РСК Заря) – 15,31 т/га (РНИИСК 1). При увеличении числа растений на единицу площади до 85 тыс. раст./га урожайность зеленой массы варьировала в интервале 18,55–28,58 т/га. Повышение урожайности биомассы выявлено у гибридов РНИИСК 1, Неон 147 МВ, Инсайд, РСК Заря, РСК Аврора, прибавка составила 0,84–10,99 т/га.

Выявлены существенные различия средних значений по фактору «А». Более высокой урожайностью зеленой массы характеризовался гибрид кукурузы Радуга – 24,87 т/га. При множественных сравнениях частных средних по фактору «В» установлено, что кукуруза при густоте стояния растений 85000 раст./га формирует более высокий урожай зеленой массы. Влияние факторов на изменчивость признаков распределилось следующим образом: «А» = 13,18%, «В» = 33,99%, «АВ» = 42,93%.

Таблица 3

Урожайность зеленой массы сортов и гибридов кукурузы при разной густоте стояния растений (т/га), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору «В»
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 MB	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	30,50	24,34	23,59	19,53	22,39	28,85	20,74	24,28a
65	29,30	31,25	28,57	38,85	41,67	48,40	32,34	35,78b
85	37,75	44,56	29,80	26,68	39,36	36,33	40,30	36,40c
Среднее по фактору А	32,52d	33,39e	27,30a	28,35b	34,47f	37,86g	31,12c	
F _{факт.}	Фактор «А» = 359,6*, фактор «В» = 1885,9*, взаимодействие «AB» = 230,87*							
HCP ₀₅	«А» = 0,58, «В» = 0,45, «AB» = 1,14							
2021 год								
45	12,25	17,71	21,29	14,72	18,17	17,22	25,69	18,15a
65	27,56	25,57	26,52	27,78	19,76	21,72	25,39	24,90c
85	23,24	18,55	20,65	20,39	21,03	28,58	23,53	22,28b
Среднее по фактору А	21,01b	20,61ab	22,82d	20,96b	19,65a	22,50cd	24,87e	
F _{факт.}	Фактор А = 24,86*, фактор В = 146,30*, взаимодействие АВ = 26,84**							
HCP ₀₅	«А» = 1,07, «В» = 0,81, «AB» = 2,06							

Следует отметить, что в 2021 г., как и в 2020 г., отмечается высокое влияние на изменчивость признака «урожайность зеленой массы» густоты стояния (фактор В) и совместного действия сорта (фактор А) и густоты стояния растений (фактор В). Самое низкое влияние на изменчивость признака в оба года исследований оказывает генотип (фактор А).

В условиях 2020 г. урожайность зерна при рекомендованной густоте стояния (45 тыс. раст./га) растений варьировала в интервале 2,35–3,99 т/га. Самая высокая урожайность зерна на данной густоте выявлена у гибрида Инсайд, превышение относительно стандарта составило 0,6 т/га. Несколько ниже урожайность у синтетической популяции РНИИСК 1 (3,39 т/га) и гибрида Радуга (3,38 т/га). У генотипов Радикал, РСК Аврора урожайность зерна достоверно ниже, чем у стандарта (табл. 4).

Повышение густоты стояния растений до 65 тыс. раст./га позволило увеличить урожайность зерна на 0,17–0,72 т/га у гибридов Неон 147 МВ, Радикал, РСК Заря, РСК Аврора. Самая высокая урожайность зерна выявлена у сорта РСК Заря – 3,92 т/га. Отрицательная динамика при увеличении

плотности стеблестоя выявлена у РНИИСК 1, Радуга, Инсайд. Существенное снижение урожайности зерна (на 1,17 т/га) отмечено у гибрида Инсайд. При повышении числа растений на единицы площади с 45 тыс. раст./га до 85 тыс. раст./га наблюдается снижение урожайности по всем вариантам опыта на 0,04–2,12 т/га. Более высокой урожайностью зерна характеризовалась РСК Заря – 3,12 т/га.

Значения множественных средних частных по фактору «А» находились в диапазоне 2,43–3,39 т/га. Наибольшая урожайность по фактору «А» установлена у РСК Заря, достоверно ниже у РСК Аврора. Урожайность сортов и гибридов Неон 147 МВ, Радикал, Инсайд находилась на уровне стандарта РНИИСК 1.

При множественном сравнении частных средних по фактору В самая низкая урожайность выявлена на густоте 85 тыс. раст./га – 2,16 т/га. Урожайность зерна при густоте 45 и 65 тыс. раст./га существенно не различалась и составила 3,12 т/га и 3,16 т/га соответственно. Установлено, что доля влияния фактора «А» на изменчивость признака «урожайность зерна» в 2020 г. составила 13,7%, «В» – 44,1%, «АВ» – 31,24%.

Таблица 4

Урожайность зерна кукурузы
при разной густоте стояния растений (т/га), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору «В»
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 MB	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	3,39	3,10	2,80	3,99	3,16	2,35	3,38	3,16b
65	3,14	3,51	2,97	2,82	3,92	2,87	2,93	3,16b
85	2,27	1,88	2,56	1,87	3,12	2,06	1,36	2,16a
Среднее по фактору А	2,93c	2,83bc	2,78bc	2,89c	3,39d	2,43a	2,55ab	
F _{факт.}	Фактор «А» = 8,12*, фактор «В» = 95,98*, взаимодействие «АВ» = 11,31*							
HCP ₀₅	«А» = 0,30, «В» = 0,16, «АВ» = 0,47							
2021 год								
45	2,02	2,16	2,39	2,44	1,98	1,77	2,14	2,13a
65	2,92	2,46	2,46	2,47	2,45	2,90	1,96	2,51b
85	2,86	2,82	2,76	3,16	2,41	2,66	2,89	2,79c
Среднее по фактору А	2,60c	2,48abc	2,54bc	2,69c	2,28ab	2,44abc	2,33a	
F _{факт.}	Фактор «А» = 4,34*, фактор «В» = 22,57*, взаимодействие «АВ» = 2,97*							
HCP ₀₅	«А» = 0,24, «В» = 0,20, «АВ» = 0,50							

В 2021 г. урожайность зерна при густоте стояния 45 тыс. раст./га варьировала в интервале 1,77–2,44 т/га. Урожайность стандарта составила 2,02 т/га. Гибриды Инсайд и Радикал превзошли стандарт по урожайности зерна, прибавка составила 0,22–0,37 т/га. Увеличение числа растений на единице площади до 65 тыс. раст./га способствовало увеличению урожайности практически по всем вариантам опыта в среднем на 0,03–1,13 т/га. Более высокий показатель выявлен у сорта РСК Аврора – 2,89 т/га. При загущении до 85 тыс. раст./га урожайность зерна варьировала от 2,66 до 3,16 т/га, что на 0,37–0,89 т/га больше, чем при рекомендованной густоте стояния растений. К более урожайным следует отнести гибрид Инсайд – 3,16 т/га.

При множественном сравнении частных средних по фактору А наименьшая урожайность установлена у гибрида Радуга, самой высокой характеризуются РНИ-ИСК 1 и Инсайд. Множественное сравнение частных средних по фактору В отмечается тенденция увеличения урожайности зерна по мере загущения посева. Так при густоте 85 тыс. раст./га формируется самая высокая урожайность зерна 2,79 т/га.

В результате исследований установлено, что густота стояния растений (фактор В) в большей степени (34,9%) влияла на изменчивость признака, совместное действие факторов «АВ» влияло на 27,38%, фактор сорта «А» оказал влияние на 11,1%.

Таким образом, для получения более высокой урожайности зерна для каждого генотипа необходима определенная площадь питания, которая регулируется числом растений на единице площади.

Заключение

В результате исследований установлено, что изучаемые параметры существенно различались по фактору «А», «В» и их взаимодействию «АВ». В 2020 г. максимальное значение признака «высота растений» по фактору «А» определено у гибрида Радикал. Следует отметить отсутствие в опыте существенных различий по фактору «А», это, вероятно, связано с внешним сходством генотипов. В то же время они по-разному реагируют на изменения условий среды, то есть на плотность посева, что подтверждается значимым различием средних частных по фактору «В». При сравнении частных средних по фактору «В» установлено, что меньшую высоту растений генотипы формируют при густоте стояния 85 тыс. раст./га.

В 2021 г. наблюдается иная ситуация, выявлено высокое влияние фактора «А» на изменчивость признака «высота растений» (64,01%) и незначительно совместное влияние факторов (АВ) – 16,8%. Фактор густоты не оказал заметного влияния на изменение высоты растений. По высоте растений лидирует генотип РСК Аврора.

По признаку «высота прикрепления початка» определены существенные различия средних по фактору «А» и отсутствие различий по фактору «В» в 2020 г. Гибриды Неон 147 МВ и Инсайд характеризуются самым низким прикреплением початка. Влияние фактора «А» на изменчивость признака составляет 33,2%. Совместное влияние сорта и густоты стояния растений составляет 28,9%. В 2021 г. наблюдается высокое влияние фактора «А» на изменчивость высоты прикрепления початка (71,17%) и достаточно низкое фактора В (7,17%). Совместное влияние факторов «АВ» оказалось незначимо.

При множественном сравнении частных средних по фактору «А» в 2020 г. выявлена более высокая урожайность зеленой массы у РСК Аврора (37,86 т/га). Установлено, что большее влияние на изменчивость признака «урожайность зеленой массы» оказал фактор В (густота стояния растений) – 46,74%, несколько ниже совместное влияние факторов «АВ» – 30,32%. Менее существенное влияние оказал фактор «А» (сорт) – 16,90%. В 2021 г. более высокой урожайностью зеленой массы в результате сравнения средних значений по фактору «А» характеризовался гибрид кукурузы Радуга – 24,87 т/га. При множественных сравнениях частных средних по фактору «В» установлено, что гибриды и сорта кукурузы при густоте стояния растений 85000 раст./га формируют более высокий урожай зеленой массы. Влияние факторов на изменчивость признаков распределилось следующим образом: «А» = 13,18%, «В» = 33,99%, «АВ» = 42,93%. Следует отметить, что в 2021 г., как и в 2020 г., изменчивость признака «урожайность зеленой массы» зависит от совместного действия сорта (фактор А) и густоты стояния растений (фактор В). Самое низкое влияние на изменчивость признака в оба года исследований оказывает сорт.

В условиях 2020 г. самая высокая урожайность зерна на густоте 45 тыс. раст./га выявлена у гибрида Инсайд – 2,44 т/га, при 65 тыс. раст./га у сорта РСК Заря – 3,92 т/га, при 85 тыс. раст./га у сорта РСК Заря – 3,12 т/га. Значения множественных средних

частных по фактору «А» находились в диапазоне 2,43–3,39 т/га. Наибольшая урожайность по фактору «А» установлена у РСК Заря, достоверно ниже у РСК Аврора. Самая низкая урожайность по фактору «В» выявлена на густоте 85 тыс. раст./га – 2,16 т/га. Установлено, что доля влияния фактора «А» на изменчивость признака «урожайность зерна» составила 13,7%, «В» – 44,1%, «АВ» – 31,24%.

В 2021 г. самая высокая урожайность зерна при густоте стояния 45 тыс. зафиксирована у гибридов Инсайд и Радикал 2,44 т/га и 2,39 т/га соответственно, при 65 тыс. раст./га – у сорта РСК Аврора – 2,89 т/га, при 85 тыс. раст./га у гибрида Инсайд – 3,16 т/га. При множественном сравнении частных средних по фактору «А» самой высокой урожайностью характеризуются РНИИСК 1 и Инсайд. В среднем по фактору при густоте 85 тыс. раст./га формируется самая высокая урожайность зерна 2,79 т/га. В результате исследований установлено, что густота стояния растений в большей степени (34,9%) влияла на изменчивость признака, совместное действие факторов АВ влияло на 27,38%, фактор сорта (А) оказал влияние на 11,1%.

Список литературы

1. Жученко А.А., Косолапов В.М. Современные проблемы адаптации (по материалам Жученковских чтений IV) // Адаптивное кормопроизводство. 2018. № 4. С. 90–96.
2. Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Густота стояния растений – один из основных факторов высокой урожайности гибридов кукурузы // Земледелие. 2019. № 1. С. 21–23.
3. Бельченко С.А., Белоус И.Н. Оценка влияния агротехники возделывания кукурузы на качество зеленой массы и силоса в условиях юго-западной части Нечерноземья // Вестник Курской ГСХА. 2014. № 6. С. 49–52.
4. Гудова Л.А., Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гераскина А.А. Влияние микробиологического удобрения и густоты стояния растений на урожайность зерна гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2019. № 7. С. 7–14.
5. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.
6. Меркулов П.Ю., Мингалев С.К. Влияние густоты посева на урожайность зеленой массы гибридов кукурузы // Молодежь и наука. 2018. № 6. С. 42.
7. Беляева А.А. Формирование продуктивности кукурузы на зерно в зависимости от нормы высева в условиях Саратовского Левобережья // В сборнике: Вавиловские чтения – 2016: сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. 2016. С. 19–20.
8. Дружкин А.Ф., Беляева А.А. Совершенствование приемов возделывания кукурузы на зерно в Саратовском Правобережье // Аграрный научный журнал. 2015. № 4. С. 8–13.
9. Киреев В.Н., Образцов А.Н. Кукуруза на силос в Центральном районе Нечерноземной зоны / Кукуруза в Нечерноземье. М.: Московский рабочий, 1987. С. 3–9.
10. Еськов И.Д., Николайченко Н.В., Стрижков Н.И., Жумагалиев И.К. Влияние нормы высева семян на продуктивность различных гибридов кукурузы в условиях Саратовского Правобережья // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 8–13.
11. Кукуруза на Урале: монография / Под общ. ред. Зекина Н.Н., Панфилова А.Э. Екатеринбург: Уральское издательство; ФГБНУ «Уральский НИИСХ», 2017. 204 с.
12. Панфилова О.Н., Чугунова Е.В., Авилова Ю.А., Буравлев А.П. Кукуруза на зерно на богаре и орошении в Волгоградской области // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 12–17.
13. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по высоте прикрепления початка // Успехи современного естествознания. 2018. No. 10. С. 50–55.
14. Мику В.Е. Генетические исследования кукурузы. Кишинев: Штиинца, 1981. 232 с.
15. Сотченко Ю.В., Галговская Л.А., Теркина О.В. Результаты изучения экологической адаптивности новых среднеспелых и среднепоздних гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2021. № 1. С. 25–30.
16. Синягин И.И. Площади питания растений. М.: Россельхозиздат, 1975. 384 с.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть // ФГБУ «Госсорткомиссия». М., 2019. 329 с.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

УДК 581.451:58.087

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН *PRUNUS PADUS* L.

¹Зыков И.Е., ²Баранов С.Г., ³Полоскова Е.Ю.,
³Липпонен И.Н., ³Гончарова О.А., ¹Прокопенко А.Д.

¹Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево,
e-mail: zikov-oz@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: bar.serg58@gmail.com

³Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина, Апатиты,
e-mail: poloskova_eu@mail.ru

Методом геометрической морфометрии определялась изменчивость формы и асимметрии листовых пластин черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.). Проводилось сравнение популяции из Мурманской области с популяциями средней полосы России – владимирской и московской. Дисперсия координат, наносимых на изображение меток, включала компонент формы (симметричный) и компонент асимметричности, в виде флуктуирующей (ФА) и направленной асимметрии (НА). Использовался аналог двухфакторного дисперсионного анализа с случайным признаком «лист» и фиксированным – «сторона» (обобщенный прокрустов анализ). Величина ФА и НА определялась по значению F-критерия Гудолла. Предварительные статистические анализы выполнялись в среде Statistica 10 (Stat. Ink). Выборки различались по длине листовых пластин ($F=25.7$; $p<0.01$), при этом мурманская популяция обладала наименьшими размерами листьев. Величина ФА, полученная мерным способом по формуле нормирующей разности, по ширине половинок листа статистически различалась в трех популяциях ($F=9.85$; $p=10^{-5}$). Высокий эксцесс, скос распределения, высокая дисперсия были характерны для выборки из владимирской популяции с самым высоким значением ФА. Высокая гетерогенность листьев мурманской популяции обуславливала значительные различия в величине центроида ($F=9.462.3$; $p<0.0001$). В популяциях средней полосы России с большей длиной листовых пластин величина центроида была заметно ниже. Направленная асимметрия («сторона») присутствовала во всех выборках ($p<0.0001$). ФА отсутствовала в мурманской популяции ($p>0.05$) и проявлялась в двух других популяциях в малой доле, т. е. с низким значением F-критерия Гудолла. Морфогометрические расстояния Махаланобиса, рассчитанные с учетом эллиптического распределения, показали, что мурманская популяция имела наибольшие отличия от других популяций по форме и асимметричности (НА+ФА). Явная изменчивость формы листовых пластин из мурманской популяции сопряжена со слабо выраженной асимметрией, как направленной, так и флуктуирующей, в двух других географически близких популяциях (владимирской и московской) незначительная изменчивость формы коррелировала с более высоким уровнем асимметричности. Мерный способ определения ФА соответствовал результатам геометрической морфометрии и дополнял сведения, полученные в прокрустовом анализе.

Ключевые слова: геометрическая морфометрия, метод нормирующей разности, черемуха обыкновенная, форма, асимметрия.

POPULATION VARIABILITY OF *PRUNUS PADUS* L. LEAF PLATES

¹Zykov I.E., ²Baranov S.G., ³Poloskova E.Yu.,
³Lipponen I.N., ³Goncharova O.A., ¹Prokopenko A.D.

¹State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo, e-mail: zikov-oz@yandex.ru

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, e-mail: bar.serg58@gmail.com

³Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin, Apatity, e-mail: poloskova_eu@mail.ru

By the method of geometric morphometry, the variability of the shape and asymmetry of the leaf plates of the common cherry (*Prunus padus* L.) was determined. The population from the Murmansk region compared with the populations of the central part of Russia – Vladimir and Moscow. The dispersion of the coordinates of the labels applied to the image included a shape component (symmetrical) and an asymmetry component, in the form of fluctuating (FA) and directional asymmetry (NA). An analogue of two-factor analysis of variance with a random feature “leaf” and a fixed one – “side” (generalized Procrustean analysis) used. The value of FA and NA determined by the F value of the Goodall criterion. Preliminary statistical analyses performed in the STATISTICA 10 environment (Stat. Ink). The samples differed in the length of the leaf plates ($F=25.7$; $p<0.01$), while the Murmansk population had the smallest leaf sizes. The FA value obtained by the dimensional method according to the normalizing difference formula was statistically different in the width of the leaf halves in three populations ($F=9.85$; $p=10^{-5}$). High kurtosis, skewed distribution, and high variance were characteristic of the sample from the Vladimir population with the highest FA value. The high heterogeneity of the leaves of the Murmansk population caused significant differences in the size of the centroid ($F=9.462.3$; $p<0.0001$). In the populations of the middle zone of Russia with a longer length of leaf plates, the value of the centroid was noticeably lower. Directional asymmetry (“side”) was present in all samples ($p<0.0001$). FA was absent in the Murmansk population ($p>0.05$) and manifested in two other populations in a small fraction, i.e. with a low value of the Goodall criterion F. Morpho-geometric distances of Mahalanobis, calculated taking into account the elliptical distribution, showed that the Murmansk population had the greatest differences from other populations in shape and asymmetry (NA+FA). The apparent variability of the shape of the leaf plates from the Murmansk population is associated with a weakly pronounced asymmetry, both directional and fluctuating, in two other geographically close populations (Vladimir and Moscow), a slight variability in shape correlated with a higher level of asymmetry. The dimensional method of determining FA corresponded to the results of geometric morphometry and complemented the information obtained in the Procrustean analysis.

Keywords: geometric morphometry, normalizing difference method, common bird cherry, shape, asymmetry.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) – это ненаправленное отклонение от нулевого значения величин билатеральных признаков при нормальном распределении разности этих признаков. Этот вид асимметрии относится к флуктуационной изменчивости, которая охватывает не только симметричные признаки, но и количественную изменчивость биомассы, окраски, биохимических и других функций как показателей генотипической нормы реакции и экологической толерантности. По величине индекса ФА судят о стабильности развития как отклонении от гомеостаза развития популяции. Однако есть мнение, что отклонение от симметрии, напротив, отражает повышение стабильности развития как усиления адаптации к изменяющимся условиям среды. Такая двойственность суждений заставляет рассматривать стабильность развития в филогенетическом аспекте, например в аспекте эволюции популяций [1].

Не менее 30 семейств высших растений обследовано на предмет поиска эффективных биоиндикаторов состояния окружающей среды [2; 3]. Неоднозначность результатов связана с кажущейся доступностью методик. Растения, особенно гомозиготные формы, удобны для таких исследований, а листовые пластины древесных пород – популярный объект определения стабильности развития [4]. Климатические условия, высотная поясность, антропогенное повышение температуры – наиболее важные факторы, которые принято учитывать при оценке флуктуации величин гомологичных парных признаков [5-7].

Представители рода *Prunus* широко распространены в Европе и за ее пределами. Ранее была изучена вариабельность морфологических признаков (формы и линейных параметров) листовых пластин *Prunus avium* L. [8; 9] и их флуктуирующая асимметрия [3]. На большей части территории России произрастает черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.) – древовидное, не образующее гибридов, тетраплоидное растение, ареал которого простирается на север до Кольского полуострова.

Листовые пластины черемухи имеют слабое дуговидное жилкование, часто с удлиненной правой половиной на абаксальной поверхности, т. е. ее листья нельзя назвать строго симметричными, как и листья многих других деревьев, например вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.). Несмотря на то что жилки листовых пластин *P. padus* не имеют четких окончаний, для определе-

ния величины их флуктуирующей асимметрии выбираются те же мерные признаки, что и для тестирования ФА березы повислой (*Betula pendula* L.), в частности ширина половинок листа.

Проверка на направленную асимметрию (НА) показывает ее отсутствие при достаточном объеме выборки, например 50-100 листьев. Численно индекс ФА определяют по абсолютной величине отношения разности величин признаков к их сумме. Таким образом, складывается представление о присутствии флуктуирующей асимметрии без примеси НА и стабильности развития популяции определяется только по одному признаку.

В настоящей работе дана апробация метода геометрической морфометрии для относительно несимметричных признаков, проведена оценка изменчивости формы листовых пластин и стабильности развития *P. padus*.

Материалы и методы исследования

Исследовано три популяции черемухи обыкновенной в урбанизированных биотопах площадью не менее 2-3 км². Две из них располагались на расстоянии около 200 км друг от друга: в Московской (г. Электросталь, 55°48' с. ш., 38°27' в. д.) и Владимирской (56°08'00" с. ш., 40°25'00" в. д.) областях, третья была выбрана на Кольском полуострове (Мурманская область, г. Апатиты, экспериментальный участок ПАБСИ, 67°34'48" с. ш., 33°18'10" в. д.).

Листья собирались со всех сторон нижней части кроны, с последующим их отбором по величине. Использовались деревья или группы деревьев высотой от 6 до 15 м. Отбиралось по 7-9 листьев с 7 деревьев. Листья высушивались и через 2-3 дня сканировались вместе с мерной линейкой. Затем измерялась ширина правой и левой половинок листа экранным дигитайзером Dig2 из пакета серии TPS (Rholf, 2014). Две настоящие метки (true landmarks) выставлялись в основании и на апексе (верхушке) листовой пластины (рис. 1).

Края листовых пластин очерчивались в виде ломаной линии с выставлением 50 полуметок на каждой стороне. Ломаная линия наносилась с помощью 15-20 отметок с последующей разбивкой на равные сегменты. Разметка проводилась дважды на каждой стороне: по часовой стрелке и против нее, и координаты меток на каждой пластине регистрировались в виде файла TPS с координатами 102 меток четыре раза. После этого

файлы объединялись, создавалось единое прокрустово пространство с множествами значений координат и в ковариационном анализе рассчитывались расстояния между ними (дистанции Махаланобиса).

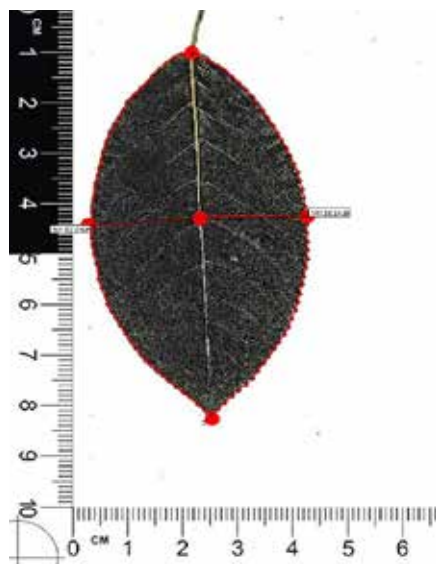


Рис. 1. Две настоящие метки, левый и правый мерные признаки и 100 полуметок по контуру листовой пластины *Prunus padus* L. (TPSDig2)

Дисперсия координат наносимых на изображение меток включала компонент формы (симметричный) и компонент асимметричности, в виде флуктуирующей (ФА) и направленной асимметрии (НА) для определения объединяющих их различий.

Основным методом был аналог двухфакторного дисперсионного анализа с случайным признаком «лист» и фиксированным – «сторона» (обобщенный прокрустов анализ, GPA). Величина ФА и НА определялись по индексу F-критерия Гудолла (аналог критерия Фишера). Предварительные статистические анализы выполнялись в среде Statistica 10 (Stat. Ink). GPA и ковариационный анализ выполнялись в программе

MorphoJ (Klingenberg, 2011). Для нормализации выборочных значений использовалось пермутационное размножение значений 10 000 раз, принимался статистический уровень значимости 95%.

Результаты исследования и их обсуждение

Метод нормирующей разности

Деревья различались по размеру листовых пластин ($F=25,7$; $p<<0,01$). Так, в мурманской популяции критерий Фишера в однофакторном дисперсионном анализе составлял $F=12,9$, в то же время в московской и владимирской популяциях он был равен соответственно $F=12,7$ и $F=3,5$ ($p<0,01$), что говорит о наибольшей гетерогенности выборки с Кольского полуострова.

Длина листовых пластин в мурманской популяции была намного меньше, чем в популяциях средней полосы России ($F=9,2$; $p=0,002$). Стандартное отклонение от среднего (SD) в мурманской популяции составило $SD=1,41$; в московской – $SD=0,93$, во владимирской – $SD=1,31$. Результаты описательной статистики значений ФА представлены в таблице 1.

Величина ФА, полученная мерным способом по формуле нормирующей разности, по ширине половинок листа была относительно низкой и статистически различалась в трех популяциях ($F=9,85$; $p=10^{-5}$). Во владимирской популяции высокий эксцесс (kurtosis) и скос (skewness) коррелировали с ростом дисперсии (variance), с высоким коэффициентом вариации (coef. var.), с максимальным значением ФА. В этой же популяции были и самые крупные листовые пластины.

Направленная асимметрия не выявлена (t -тест: $p>0,05$). Мерный признак ширины листовой пластины можно использовать для определения ФА, но ввиду того что признак единичный, он может давать приблизительное представление о стабильности развития.

Таблица 1

Описательная статистика листовых пластин

Популяция	Длина листа, см	ФА							
		Mean	Variance	Coef. var.	Stand. err.	Skewness	Std. err. skewness	Kurtosis	Kurtosis std. err.
Мурманская	6,62±0,01	0,024	0,0002	63,285	0,002	0,569	0,330	-0,845	0,650
Владимирская	7,9±0,01	0,034	0,0009	87,576	0,004	1,563	0,330	3,736	0,650
Московская	8,18±0,01	0,016	0,0001	62,176	0,001	0,342	0,337	-0,411	0,662

Метод геометрической морфометрии

Обозначенный метод, известный с конца девяностых годов XX века, основан на преобразовании формы биологического объекта путем симметричного отражения билатеральных структур с поворотом меток для усреднения формы и размера образцов в выборке. Консенсусная фигура (центроид) означает усредненную конфигурацию формы и величины образцов. Относительно нее и рассчитываются отклонения в дисперсии координат меток. Прокрустово пространство (Procrustes space), в котором находится центроид, используется для определения расстояний между множествами значений координат, в том числе значений координат, соответствующих билатеральной асимметрии. Антисимметрия – это равномерное доминирование каждой из сторон с отрицательной корреляцией между величинами признаков и отрицательным эксцессом в выборке. В листовых пластинах такой вид асимметрии встречается очень редко. Нор-

мирование большим числом случайных повторений значений, как правило, сглаживает проявление антисимметрии. Величина центроида – это квадратный корень из суммы отклонений меток от усредненного значения, таким образом, величина центроида не связана прямо с величиной самих листьев.

Размер консенсусного центроида снижается по мере увеличения размеров листовых пластин. Мы объясняем это снижением гетерогенности в выборках из трех популяций от мурманской до владимирской (табл. 2).

В мурманской популяции высокая гетерогенность длины листьев с малым значением среднего вызывала явное различие в величине центроида ($F=9\,462,3$). Во владимирской популяции, несмотря на большую длину листьев, величина центроида была значительно меньше. Листовые пластины из мурманской популяции сильно различались по длине и, как показал прокрустов анализ, – по форме (табл. 3; первая строка).

Таблица 2

Длина листовых пластин и размер центроидной фигуры

Популяция / длина листа, см	<i>Effect</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>df</i>	<i>F</i>
Мурманская / 6,62 ±0,01	образец (1)	3605,2	64,4	56,0	9462,3***
	ошибка (2)	0,83	0,01	122,0	
Московская / 8,18 ±0,01	(1)	2679,9	43,22	62,0	1232,8***
	(2)	6,63	0,04	189,0	
Владимирская / 7,9 ±0,01	(1)	16358,8	308,7	53,0	6,7***
	(2)	7347,5	45,92	160,0	

Обозначения: *Effect* – источники вариации; *SS* – сумма квадратов; *MS* – средний квадрат; *df* – степень свободы; *F* – критерий Гудолла; *** – $p<0,0001$.

Таблица 3

Изменчивость формы, направленной асимметрии и ФА в прокрустовом анализе

Популяция	<i>Effect</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>df</i>	<i>F</i>
Мурманская	образец (1)	3,81	0,00	5600	22,13***
	сторона (2)	0,01	0,00	100	4,32***
	образец×сторона, (1)×(2)	0,17	0,00	5600	0,75 ^{ns}
	ошибка (3)	1,00	0,00	24400	
Московская	(1)	2,21	0,00	6200	0,44 ^{ns}
	(2)	3,08	0,03	100	38,17***
	(1)×(2)	5,00	0,00	6200	8,16***
	(3)	3,73	0,00	37800	
Владимирская	(1)	1,90	0,00	5300	0,35 ^{ns}
	(2)	6,35	0,06	100	61,9***
	(1)×(2)	5,44	0,00	5300	6,15***
	(3)	5,34	0,00	32000	

Обозначения: *Effect* – источники вариации; *SS* – сумма квадратов; *MS* – средний квадрат; *df* – степень свободы; *F* – критерий Гудолла; *** – $p<0,0001$.

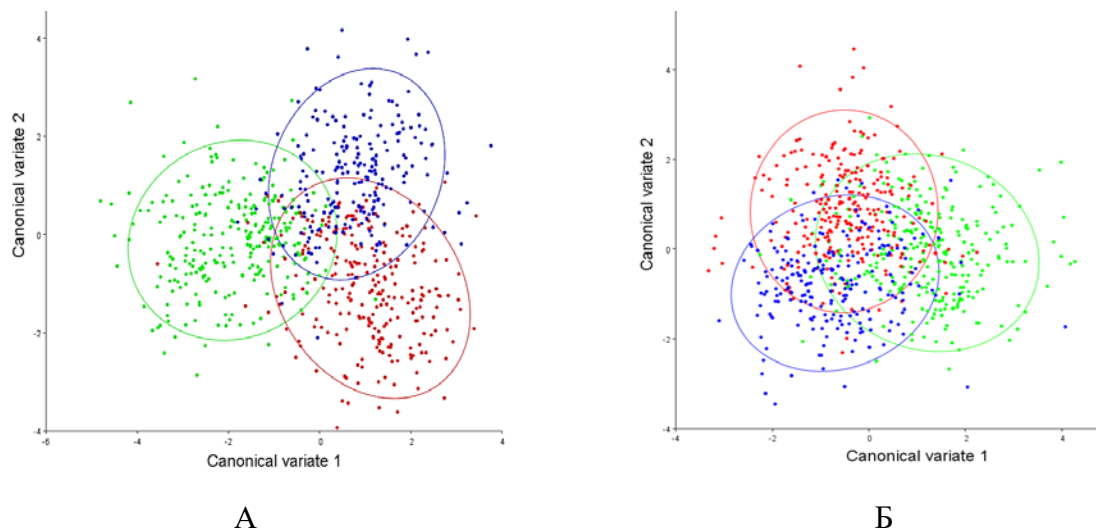


Рис. 2. Ординация компонентов формы (А) и асимметричности (Б)
(зеленая – мурманская, синяя – владимирская, красная – московская популяции)

Направленная асимметрия (источник вариации «сторона») присутствовала во всех выборках с одинаковым уровнем значимости ($p < 0,0001$). Флуктуирующая асимметрия отсутствовала в мурманской популяции ($p > 0,05$) и проявлялась в двух других популяциях в малой доле, т. е. с низким значением F-критерия Гудолла.

Длина листовых пластин и ФА, полученная мерным способом, не коррелировала с изменчивостью формы листа. Например, в московской популяции были самые крупные листья, а во владимирской – самая высокая величина ФА на фоне несущественной изменчивости в форме листовых пластин.

Ковариационный анализ проводился для источника вариации «образец», объединенного в одну общую выборку. Этот анализ включает корреляционный и регрессионный методы и позволяет графически представить множества значений, отражающих как форму, так и асимметричность (НА+ФА) с расчетом прокрустовых расстояний, указывающих на различие между центрами множеств. На осях ОХ и ОУ располагаются канонические коэффициенты (CV1 и CV2). Они играют роль главных компонентов дисперсии и показывают ординацию (расположение) значений формы или асимметричности образцов из трех популяций (рис. 2).

Каждая точка означает образец листовой пластины с соответствующей величиной центроида, характеризующего как

форму, так и асимметричность. Точки, относящиеся к мурманской популяции, лежат в отрицательной четверти коэффициентов (рис. 2А). Это говорит об обратной зависимости переменных формы от ее среднего значения.

На рисунке 2Б эллипсы, соответствующие владимирской и московской популяциям, находятся рядом в связи со сходством по асимметрии листовых пластин, главным образом направленной. Мурманская популяция лежит правее и большей частью в положительной четверти, следовательно, асимметрия здесь представлена положительной связью между дисперсией меток и средним значением асимметрии. Эллипсы формы и асимметрии располагаются в обратном порядке, что свидетельствует об обратной связи между их величинами. Большая изменчивость формы в мурманской популяции сопряжена с малой асимметричностью, тогда как в двух других популяциях низкой изменчивости формы сопутствуют более высокие значения асимметричности (табл. 2).

Морфogeометрические расстояния (дистанции Махаланобиса), рассчитанные с учетом эллиптического распределения, показывают, что по форме листовых пластин мурманская популяция наиболее удалена от других: 3,17 (мурманская-московская) и 3,03 (мурманская-владимирская). Асимметричность мурманской популяции также отличается от популяций средней полосы России, наиболее заметно от владимирской (2,03) (табл. 4).

Таблица 4

Расстояния Махаланобиса,
полученные в каноническом вариационном анализе (CVA, $p < 0,001$)

Форма			Асимметрия		
Популяция	Московская	Мурманская	Популяция	Московская	Мурманская
Мурманская	3,17		Мурманская	1,96	
Владимирская	2,34	3,03	Владимирская	1,62	2,03

Таким образом, по форме и общей асимметричности северная популяция (мурманская) отличается от двух других и характеризуется высокой степенью изменчивости формы и слабо выраженной асимметрией листовых пластин.

Заключение

Широко распространенные виды, такие как черемуха обыкновенная, обладают широким диапазоном экологической валентности и нормы генотипической реакции, что позволяет им адаптироваться к экологическим факторам, включая факторы географической широтности и высотной поясности [3; 8].

Адаптация включает как изменчивость в форме листовых пластин, так и изменчивость асимметрии. На величину усредненного консенсуса и на изменчивость формы влияет гетерогенность длины листовых пластин, наиболее характерная для мурманской популяции. Большая величина центроида и его значительная изменчивость в этой популяции не сопряжена с высокой асимметрией: ни направленной, ни флуктуирующей.

Географически близкие популяции (владимирская и московская) схожи и по форме листовых пластин и по асимметрии и не обладают изменчивостью формы, что можно отнести к влиянию климата средней полосы.

В сравнительном аспекте мерный способ определения ФА прост и относительно надежен, но технически он недостаточно точен из-за формы края листа, когда надо определять точку с максимальной кривизной, а большая ошибка измерения сильно завышает величину ФА.

Использование геометрической морфометрии, по нашему мнению, целесообразнее для листовых пластин, не обладающих вы-

раженной направленной асимметрией, зависящей от активности ауксина в меристемной ткани [10]. В то же время метод удобен для тестирования изменчивости формы и асимметричности, а также для более точного определения флуктуирующей асимметрии.

Список литературы

1. Palmer R.A., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: a measurement, analysis, patterns. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1986. Vol. 17. P. 391–421.
2. Bresson C.C., Vitasse Y., Kremer A., Delzon S. To what extent is altitudinal variation of functional traits driven, by genetic adaptation in European oak and beech? *Tree Physiol.* 2011. Vol. 31 (11). P. 1164–1174. DOI: 10.1093/treephys/tp084.
3. Lugovskoy A., Gildenskiold S., Krylova T., Fomina N. Environmental quality of marginal territories using comparative analysis of fluctuating asymmetry methods and determining the area of leaf damage. In *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 210. P. 02009.
4. Korotchenko I.S., Pervyshina G.G., Romanova O.V., Alekseeva A.N., Medvedeva V.A. Features of the development stability of tree plantations of large city industrial zones. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 315. No. 2. P. 022012.
5. Baranov S.G., Zykov I.E., Poloskova E.Yu., Lipponen I.N., Goncharova O.A., Kuznetsova D.D. Spatial Variability of Small-leaved Linden (*Tilia cordata* Mill.) Leaf Blade. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 254. P. 06002. DOI: 10.1051/e3sconf/202125406002.
6. Zakharov V.M., Kryazheva N.G., Dmitriev S.G., Trofimov I.E. Assessment of possible changes in the status of populations due to climate change (a case study of the developmental stability of birch). *Usp. Sovrem. Biol.* 2011. Vol. 131. No. 4. P. 425–430.
7. Zverev V., Kozlov M.V. Variation in leaf size and fluctuating asymmetry of mountain birch (*Betula pubescens* var. *pumila*) in space and time. Implications for global change research *Symmetry*. 2020. No. 12 (10). P. 1703.
8. Rakonjac V., Mratinic E., Jovkovic R., Fotiric A.M. Analysis of morphological variability in wild cherry (*Prunus avium* L.) genetic resources from Central Serbia. 2014.
9. Miljkovic D. et al. Wild cherry (*Prunus avium* L.) Leaf shape and size variations in natural populations at different elevations. *Alpine Botany*. 2019. Vol. 129. No. 2. P. 163–174.
10. Chitwood D.H., Headland L.R., Ranjan A., Martinez C.C., Braybrook S.A., Koenig D.P., Kuhlemeier C., Smith R.S., Sinha N.R. Leaf Asymmetry as a Developmental Constraint Imposed by Auxin-Dependent Phyllotactic Patterning. *The Plant Cell*. 2012. Vol. 24. Is. 6. P. 2318–2327. DOI: 10.1105/tpc.112.098798.

УДК 630*435

СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И ИХ ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Уразова А.Ф., Герц Э.Ф.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург,
e-mail: urazovaaf@m.usfeu.ru

Проанализированы показатели пожарной ситуации в полосе отвода Свердловской железной дороги за 2021 г. Объектами исследования послужили защитные лесные полосы Свердловской железной дороги искусственного происхождения, их состояние. Выполнен анализ санитарного состояния участка защитной лесной полосы железнодорожной линии Свердловск – Карбышево-1. Приведена конструкция полосы, породный состав рядов, возраст деревьев и их санитарное состояние, характеризующееся средним баллом санитарного состояния для каждого из рассмотренных рядов деревьев, причем санитарное состояние рядов лиственных пород формирующих ЗЛП на обследованных участках лучше хвойных. Выполнен анализ частоты возникновения пожаров в полосе отвода и их распределение по площадям. Анализ пожаров на землях железных дорог показал, что защитные лесные насаждения железных дорог подвержены повышенному риску пожарной опасности. Причинами возникновения пожара являются наличие горючих материалов, погодные условия, способствующие возгоранию горючих материалов, и наличие источника открытого огня. На основании анализа данных даны предложения по улучшению санитарного состояния защитных лесных полос и снижению рисков возникновения пожаров и их тяжести. При разработке систем противопожарных мероприятий в полосе отвода железной дороги следует уделять внимание накоплению сухостоя, специфике состояния защитных лесных полос. В целях недопущения пожаров в защитных лесных полосах, с учетом их назначения, необходимо проведение рубок ухода для улучшения санитарного состояния и омоложения древостоев, создание эффективной системы противопожарного обустройства, особенно вокруг населенных пунктов и объектов инфраструктуры железной дороги.

Ключевые слова: защитные лесные полосы, санитарное состояние, пожароопасность, захламленность, лесные пожары

THE CONDITION OF PROTECTIVE FOREST STRIPS OF RAILWAYS AND THEIR FIRE SAFETY

Urazova A.F., Gerts E.F.

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, e-mail: urazovaaf@m.usfeu.ru

We analyzed the indicators of the fire situation in the right-of-way of the Sverdlovsk Railway in 2021. The objects of the study were the protective forest belts of the Sverdlovsk Railway artificial origin, their condition. The analysis of the sanitary condition of the section of the protective forest belt of the railway line Sverdlovsk – Karbyshevo-1. The construction of the strip, the species composition of rows, the age of trees and their sanitary condition, characterized by the average score of the sanitary condition for each of the considered tree rows are given, with the sanitary condition of the deciduous species rows forming the FTL at the surveyed sites better than the coniferous ones. Analysis of the frequency of fires in the right-of-way and their distribution over areas was performed. Analysis of fires on lands of railroads showed that protective forest plantations of railroads are at high risk of fire danger. Causes of fires are the presence of combustible materials, weather conditions conducive to the ignition of combustible materials and the presence of a source of open flame. Based on the analysis of the data, proposals for improving the sanitary condition of the protective forest belts and reducing the risks of fires and their severity are given. When developing systems of fire prevention measures in the railroad right-of-way, attention should be paid to the accumulation of dead wood and the specific state of the protective forest belts. In order to prevent fires in the protective forest belts, taking into account their purpose, it is necessary to carry out thinning operations to improve the sanitary condition and rejuvenation of stands, to create an effective system of fire prevention, especially around settlements and infrastructure facilities of the railroad.

Keywords: protective forest strips, sanitary condition, fire hazard, clutter, forest fires

Защитные лесные насаждения железной дороги должны сегодня выполнять многочисленные функции, в первую очередь снегозадерживающие, ветроослабляющие, пескозащитные, почвоукрепительные, противоэрозийные, озеленительные, оградительные, исключая или сводя к минимуму негативное воздействие природных и иных факторов на транспортный процесс [1]. Кроме того, они снижают химическое и акустическое загрязнение сопредельных с железнодорожными путями

территорий и, кроме специфических функций, эти насаждения должны наряду с другими лесами выполнять сырьевую, эстетическую, углероддепонирующую и другие функции, сохраняя при этом устойчивость. Наборы функций для отдельных лесонасаждений в составе защитных лесных полос (ЗЛП) и их значимость наряду с почвенно-грунтовыми и климатическими условиями весьма различаются, что создает сложности при их проектировании и обслуживании [2].

Ряд рисков повреждения ЗЛП вытекает из их функций. Это, прежде всего, ветровал и бурелом деревьев, возникающие в результате действия ураганных ветров. Снеголом, происходящий в результате накопления критических объемов снега, его уплотнения и оседания в многоснежные годы. Кроме того, химическое загрязнение лесонасаждений в полосе отвода железной дороги оказывает существенное влияние на происходящие внутри растительного организма процессы обмена веществ, которые, в свою очередь, отражаются на их санитарном состоянии. Вместе с тем за последнее десятилетие все больший ущерб ЗЛП наносят пожары. Известно, что возникновение пожара возможно только при выполнении трех условий: наличие горючих материалов, погодные условия, способствующие возгоранию горючих материалов, и наличие источника открытого огня.

Источником открытого огня в полосе отвода, в той или иной форме, всегда является человек [3]. Погодные условия, благоприятные для возгораний вблизи железнодорожного полотна, создаются в весенний и летний периоды при отсутствии осадков на протяжении длительного времени.

Особая опасность возникновения пожаров и их распространения в ЗЛП появляется весной, после схода снега и высыхания травянистой растительности. Ухудшение общего санитарного состояния деревьев и кустарников ведет к накоплению горючих материалов и обострению пожарной обстановки.

Основополагающим принципом ведения хозяйства в лесных насаждениях железных дорог, таким образом, является повышение устойчивости древостоев и снижение пожарной опасности [4–6].

Материалы и методы исследования

Объектами исследования послужили ЗЛП искусственного происхождения, их со-

стояние и анализ пожарной ситуации в полосе отвода.

Для сбора необходимых данных о состоянии ЗЛП в качестве примера был выбран участок на железнодорожной линии Свердловск – Карбышево-1. В ходе работы определялось санитарное состояние деревьев в составе защитных лесных полос по Шкале категорий санитарного состояния деревьев [7]. Пробная площадь имеет длину в 100 м и охватывает полосу по всей ширине.

Для оценки санитарного состояния деревьев, формирующих ЗЛП, использовался визуальный метод. В качестве критериев для отнесения дерева к определенной категории санитарного состояния используются внешние признаки основных частей дерева (ствол, крона) [7].

Исследуемый участок расположен вдоль железнодорожной линии Свердловск – Карбышево-1 и входит в границы Екатеринбургского линейного участка дистанции инженерных сооружений. Протяженность выбранного участка составляет 46 км (1824 км – 1870 км). Участок расположен от остановочного пункта Чапаевская до станции Баженово. Пробная площадь для оценки санитарного состояния располагается на 1834 км, вблизи ОПХ «Исток». Год посадки 1958 г. Участок имеет плотную конструкцию насаждений. Главными породами являются ель и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), а сопутствующими – береза повислая (*Betula pendula* Roth) и тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). В качестве подлеска в полосе встречаются акация желтая (*Caragana arborescens*), жимолость татарская (*Lonicera tatárlica*), кизильник (*Cotoneáster*) (рис. 1).

Распределение насаждений по баллам санитарного состояния представлено в табл. 1 и 2.

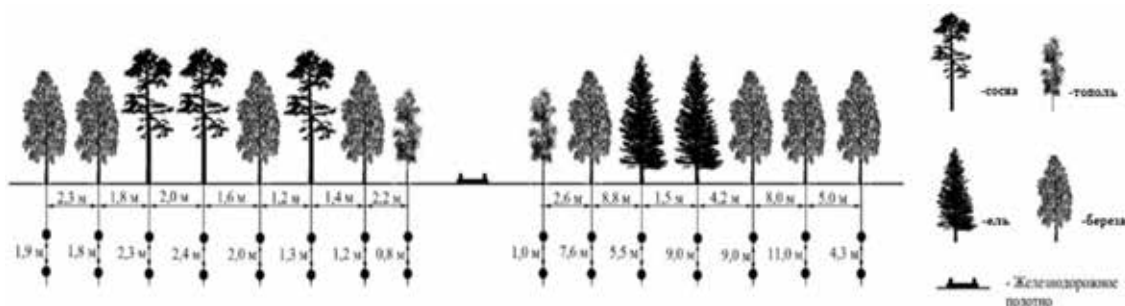


Рис. 1. Поперечный профиль полосы отвода исследуемого участка

Таблица 1

Распределение деревьев по баллам санитарного состояния слева от дороги
(направление Свердловск – Карбышево-1)

Ряд	Порода	Степень толщины, см	Количество деревьев	Баллы санитарного состояния деревьев					Средний балл
				2	3	4	5а	5д	
8	Б	24	3	1	2				2,9
		28	6	1	5				
		32	10		10				
		36	6		6				
Итого			25	2	23				
7	Б	28	6	2	4				2,9
		32	9		9				
		36	10		10				
Итого			25	2	23				
6	С	24	6		4	2			3,2
		28	6		5	1			
		32	6		6				
Итого			18		15	3			
5	С	24	2		1	1			3,3
		28	8		4	4			
		32	10		10				
Итого			20		15	5			
4	Б	20	7		7				3,4
		24	3		3				
		28	9		3	6			
		32	2			2			
Итого			21		13	8			
3	С	24	7			3	4		3,8
		28	7		4	3			
		32	3		3				
Итого			17		7	6	4		
2	Б	24	4	4					2,8
		28	12		12				
		32	2		2				
		36	4		4				
Итого			22	4	18				
1	Т	8	55	25	29			1	2,7
		12	25		25				
Итого			80	25	54			1	

Таблица 2

Распределение деревьев по баллам санитарного состояния справа от дороги
(направление Свердловск – Карбышево-1)

Ряд	Порода	Степень толщины, см	Количество деревьев	Баллы санитарного состояния деревьев				Средний балл
				3	4	5а	5д	
1	Т	8	7	5	2			3,6
		12	4		4			
		16	2		2			
Итого			13	5	8			
2	Б	16	1	1				3,0
		20	5	5				
		24	8	8				
Итого			14	14				
3	Е	20	6			6		3,9
		24	6		6			
		28	10	9			1	
		32	3		3			
Итого			25	9	9	6	1	
4	Е	24	7		7			4,0
		28	10		10			
		32	10		10			
Итого			27		27			
5	Б	24	4	4				3,0
		28	16	16				
		32	20	20				
		36	2	2				
Итого			42	42				
6	Б	20	3	2	1			3,4
		24						
		28	4		4			
		32	7	2	5			
		36	13	10	3			
		40	12	10	2			
		44						
		48	1	1				
Итого			40	25	15			
7	Б	28	8	8				3,2
		32	10	9	1			
		36	16	11	5			
		40	1	1				
Итого			35	29	6			

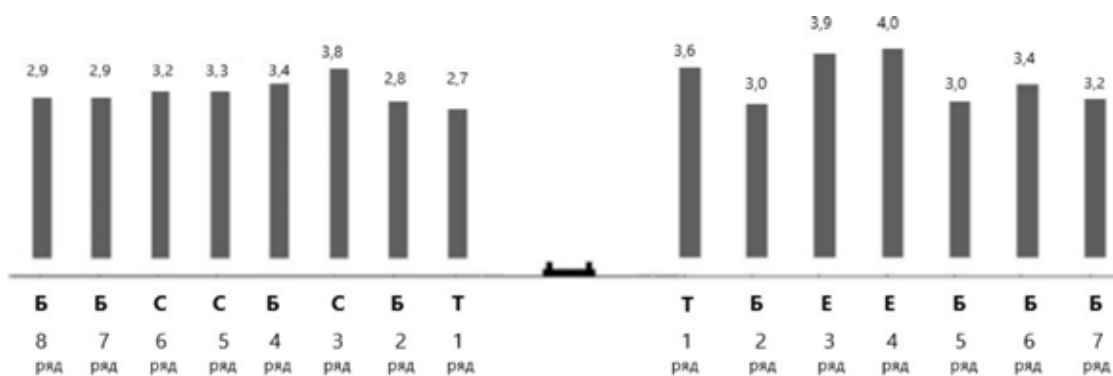


Рис. 2. График средних баллов санитарного состояния ЗЛП на участке

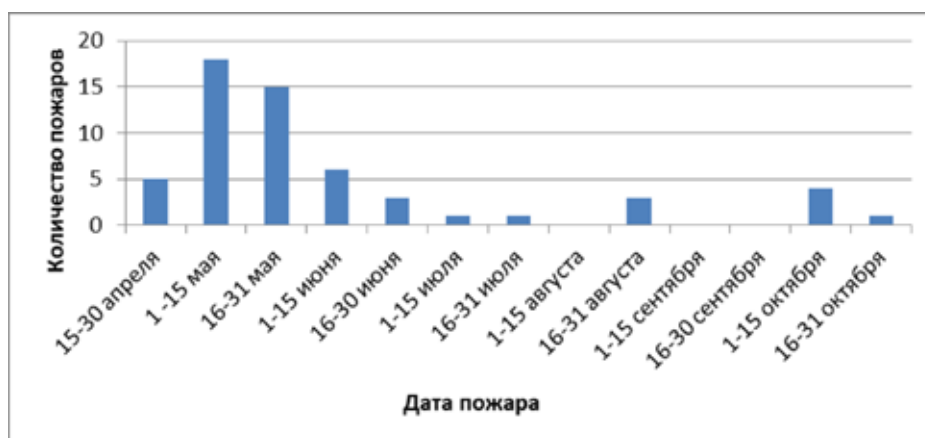


Рис. 3. Частота возникновения пожаров в полосе отвода Свердловской железной дороги

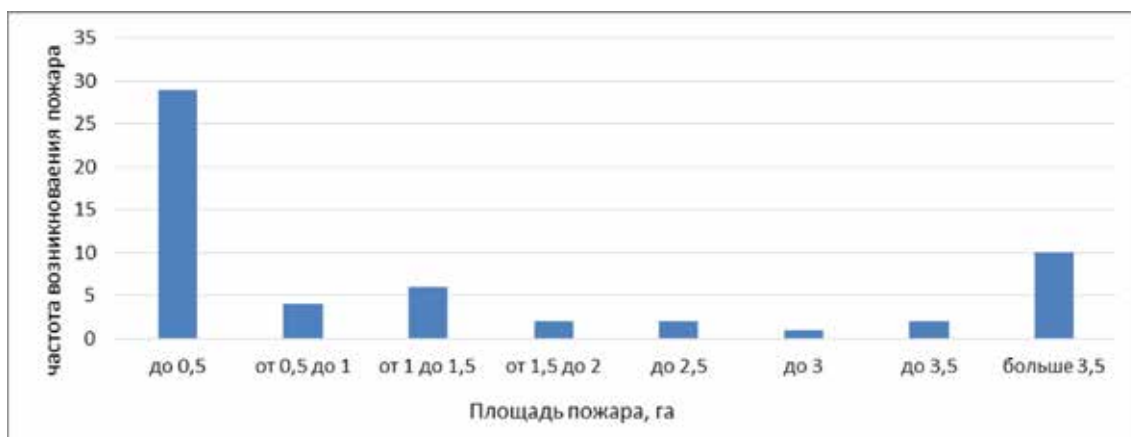


Рис. 4. Распределение пожаров в полосе отвода Свердловской железной дороги

Оценка санитарного состояния рядов деревьев, формирующих ЗЛП, приведена на рис. 2.

Санитарное состояние древостоя во многом определяет пожарную опасность и последствия палов травы, возникающих

в непосредственной близости от железнодорожных путей.

Анализ горимости ЗЛП на Свердловской железной дороге выполнен по статистическим данным за 2021 г. Было зафиксировано 72 пожара, из них 57 в полосе отвода

и 15 на стационарных и передвижных объектах. Общая площадь пожаров в полосе отвода составила 215,4 га. Частота возникновения пожаров за 2021 г. представлена на рис. 3.

Первое возгорание зафиксировано 15 апреля, общее их число за апрель составило 5 (8,8%). Большая часть возгораний произошла в мае: 33 из 57, или 57,9%. Это связано со сходом снежного покрова в ЗЛП и высокими показателями горимости прошлогодней травы, а также жаркой и сухой погодой до роста свежей травянистой растительности.

Площади зафиксированных пожаров также варьируют в очень широком диапазоне, от 10 м² до 106 га. Распределение пожаров по площади приведено на рис. 4.

Результаты исследования и их обсуждение

В целом для рассматриваемого участка ЗЛП, созданного более 60 лет назад (рис. 2), средний балл санитарного состояния порядка 3 – сильно ослабленные. Заметно, что лиственные породы при неблагоприятных воздействиях железнодорожного транспорта и других факторов находятся в лучшем состоянии, чем хвойные. Листопадные породы, накапливая в кроне вредные соединения, ежегодно сбрасывают листву, что позволяет аккумулировать значительную часть тяжелых металлов в полосе отвода, снижая загрязненность сопредельных с ЗЛП территорий [8]. Ряды ели в целом отнесены к усыхающим (средний балл санитарного состояния – 4). В рядах ели, в целях

улучшения продуваемости конструкции, следует провести разреживание. Вырубке подлежат в первую очередь поврежденные, ослабленные и усыхающие деревья для поддержания и улучшения защитных функций. Отсутствие ухода приведет к распаду насаждения и как результат к рискам перерастания низовых пожаров (палы травы) в верховые [9].

Причины возгораний в полосе отвода связаны в абсолютном большинстве случаев с человеческим фактором [10, 11]. Причем 12 из 15 пожаров площадью более 2 га произошли в период с 5 до 30 мая, т.е. до формирования травяной растительности. Такие пожары в классификации по площади относятся к классу Б – незначительные очаги возгорания для тушения которых достаточно 2–4 чел. [12].

При этом только 2 пожара на землях ЖД транспорта (в августе) возникли за пределами полосы отвода. Все остальные, 55, возникли непосредственно в полосе отвода, т.е. так или иначе связаны с человеческим фактором: пассажирами и работниками железной дороги. Палы сухой травы в зоне отвода между путями и лесными насаждениями служат в весенний период причиной возникновения пожаров. После формирования травяного покрова в июне интенсивность пожаров резко снижается, за июнь – октябрь произошло только 19 пожаров из 57 (33%), из них 3 больше 2 га.

При наличии противопожарной опушки опушек лесных массивов со стороны путей, распространение огня в направлении ЗЛП, как правило, исключается (рис. 5).



Рис. 5. Противопожарная опушка вдоль опушки ЗЛП участка дороги Егоршино – Реж

Вместе с тем ошибки в создании противопожарной опашки или ее ненадлежащее состояние снижают ее эффективность, например:

– непосредственное примыкание минерализованной полосы к железнодорожным путям, что создает условия для попадания источников открытого огня (окурки, искры и др.) за ее пределы;

– несвоевременное подновление опашки, способствующее зарастанию травянистой растительностью полотна минерализованной полосы, что создает условия для перекачивания или перелета через минерализованную полосу горящей травянистой растительности даже при незначительных порывах ветра.

Особое внимание следует уделять противопожарному обустройству тех лесных участков в зоне отвода железной дороги, которые пересекаются с хозяйственными дорогами и дорогами общего пользования, подверженными наибольшим рискам пожарной опасности.

Заключение

Анализ пожаров на землях ЖД показал, что защитные лесные насаждения железных дорог подвержены повышенному риску пожарной опасности. Основная причина – неосторожное обращение с огнем, т.е. человеческий фактор. Факторами, увеличивающими риски возникновения пожаров в защитных лесных насаждениях, являются:

– отсутствие противопожарной опашки защитных лесонасаждений или ее неудовлетворительное состояние;

– наличие нежелательной кустарниковой растительности в технической полосе отвода.

По результатам оценки санитарного состояния придорожных защитных полос в районе исследования установлено, что насаждения большинства полос относятся к категории «сильно ослабленные». При этом необходимо отметить, что санитарное состояние рядов лиственных пород, формирующих ЗЛП на обследованных участках, лучше хвойных. Это, в свою очередь, сви-

детельствует о необходимости учитывать этот фактор при отборе пород для формирования ЗЛП.

Список литературы

1. Указание МПС РФ от 24.11.1997 № С-1360у «Об утверждении норм и правил проектирования отвода земель для железных дорог» [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=89126> (дата обращения: 11.03.2022).
2. Уразова А.Ф., Нагимов З.Я. Современное состояние защитных лесных насаждений вдоль Свердловской железной дороги // Успехи современного естествознания. 2021. № 1. С. 26–31.
3. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Правила техники безопасности при тушении лесных пожаров // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2021. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://panor.ru/articles/pravila-tekhniki-bezopasnosti-pri-tushenii-lesnykh-pozharov/75103.html> (дата обращения: 11.03.2022).
4. Мехренцев А.В., Герц Э.Ф., Азаренок В.А., Уразова А.Ф., Уразов П.Н. Принципы формирования multifunctionальной машины для работ в полосе отвода железных дорог // Передовые технологии и материалы будущего: сборник статей IV Международной научно-технической конференции. В 3-х т. Минск, 2021. С. 196–202.
5. Скерин И.М., Ерицов А.М., Залесов С.В. Анализ фактической горимости лесов Уральского федерального округа и пути ее снижения // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 1–1 (115). С. 129–133. DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.026.
6. Уразова А.Ф., Уразов П.Н. Визуальная оценка состояния защитных лесных насаждений Свердловской железной дороги (на примере участка дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский) // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы XIX Международной научно-технической конференции. Вологда, 2021. С. 130–133.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения: 28.03.2022).
8. Матвеева А.А. Состояние и экологическая роль защитных лесных насаждений вдоль железных дорог (в пределах г. Волгограда): дис. ... канд. сельхоз. наук. Волгоград, 2009. 22 с.
9. Данчева А.В., Залесов С.В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 56–61.
10. Причины возникновения лесных пожаров. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ronl.org/stati/bezopasnost_zhiznideyatelnosti/712122/ (дата обращения: 11.03.2022).
11. Ряполова Л.М. Пожарная опасность припоселковых лесов, лесов особо охраняемых природных территорий и методы предупреждения в них пожаров: дис. ... канд. сельхоз. наук. Красноярск, 2004. 28 с.
12. Виды лесных пожаров и их классификация. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ronl.org/stati/bezopasnost_zhiznideyatelnosti/712122/ (дата обращения: 11.03.2022).

УДК 630*231

**ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БРАТСКА****Чжан С.А., Пузанова О.А.***ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: schzan@rambler.ru*

Одной из актуальных проблем современности является воздействие промышленного загрязнения воздуха на состояние растительности. В крупных городах характер влияния загрязнителей отличается и по качественным, и по количественным показателям. Одним из таких городов является город Братск Иркутской области. На его территории действуют такие крупные заводы, как Братский алюминиевый завод, Братский лесопромышленный комплекс. Основными загрязнителями являются фтористый водород, сероуглерод, сероводород, бенз(а)пирен и ряд других. Еще хочется отметить особенности расположения заводов относительно розы ветров, их близкое расположение друг к другу, в связи с этим происходит перемешивание выбросов, что затрудняет определение доли участия каждого предприятия в загрязнении природной среды. Промышленное загрязнение атмосферного воздуха оказывает воздействие на рост и развитие древесных пород. Хвойные деревья больше других пород подвержены тому, что накапливают высокую концентрацию наиболее токсичных для растений фтористых и серосодержащих соединений, окислов азота и хлора, поэтому в районе города произошло масштабное усыхание сосновых площадей. Для изучения роста и формирования древесной растительности в районе города Братска ведутся многолетние исследования в рамках экологического мониторинга лесов. Результаты исследований направлены на изучение состояния вторичных сукцессий после распада основного материнского полога. В данной статье представлены результаты оценки состояния хвойных насаждений за период с 2009 по 2021 год. Целью исследования является установление закономерностей в изменении состояния лесных экосистем в условиях длительного техногенеза.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, загрязнители, древесная растительность, экологический мониторинг, техногенез

**FORESTRY AND TAXATION CHARACTERISTICS
OF WOODY VEGETATION ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF BRATSK****Chzhan S.A., Puzanova O.A.***1FGBOU VO "Brotherly State University", Bratsk, e-mail: schzan@rambler.ru*

One of the urgent problems of our time is the impact of industrial air pollution on the state of vegetation. In large cities, the nature of the influence of pollutants differs both in qualitative and quantitative indicators. One of these cities is the city of Bratsk, Irkutsk region. Such large factories as the Bratsk Aluminum Plant and the Bratsk Timber Industry Complex operate on its territory. The main pollutants are hydrogen fluoride, carbon disulfide, hydrogen sulfide, benz(a)pyrene and a number of others. I would also like to note about the peculiarities of the location of the plants relative to the wind rose, and the close location with each other, in connection with this, emissions are mixed, which makes it difficult to determine the share of participation of each enterprise in environmental pollution. Industrial air pollution has an impact on the growth and development of tree species. Coniferous trees are more susceptible than other species to the fact that they accumulate a high concentration of fluoride and sulfur-containing compounds, nitrogen oxides and chlorine, which is why there has been a large-scale drying of pine areas in the city area. To study the growth and formation of woody vegetation in the area of the city of Bratsk, many years of research are being conducted within the framework of ecological monitoring of forests. The research results are aimed at studying the state of secondary successions after the collapse of the main maternal canopy. This article presents the results of the assessment of the state of coniferous plantations for the period from 2009 to 2021. The aim of the study is to establish patterns in changing the state of forest ecosystems under conditions of long-term technogenesis.

Keywords: technogenic pollution, pollutants, woody vegetation, environmental monitoring, technogenesis

Одним из основных факторов динамики изменения состояния лесных экосистем являются различные естественные нарушения [1; 2]. Нарушением считается угнетение в росте и развитии лесных насаждений в целом или ее части. Устойчивость лесных экосистем не беспредельна, так как леса не охраняют и не контролируют должным образом, требуется ряд мероприятий по уходу и сохранению жизни их [3; 4].

Лесоводственно-таксационное состояние древесной растительности в условиях урбоэкосистемы в настоящее время явля-

ется для выбранного объекта исследования актуальной темой, так как город находится под влиянием длительного техногенного загрязнения [5].

Цель исследования – установить закономерности изменения состояния лесных экосистем в условиях длительного техногенеза.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

- динамика состояния древостоев под длительным воздействием загрязнителей;
- оценка роста и развития сосновых древостоев при изменении таксационных показателей.

Материалы и методы исследования

Для натурного наблюдения за состоянием лесных насаждений вокруг города Братска закладывались постоянные и временные пробные площади, с учётом требований ОСТ 56-69-83 «Площади лесохозяйственные. Методы закладки» [6], на которых проводилась таксационная оценка древостоев по общеизвестным методикам [7] и осуществлён учёт деревьев по категориям состояния на основе шкалы, приведённой в «Правилах санитарной безопасности в лесах Российской Федерации» [8]: 1 – здоровые (без признаков ослабления); 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – погибшие; 5(а) – свежий сухостой; 5(б) – свежий ветровал; 5(в) – свежий бурелом; 5(г) – старый сухостой; 5(д) – старый ветровал; 5(е) – старый бурелом.

Промышленные предприятия города Братска: алюминиевый завод (ОАО «РУСАЛ Братск»), предприятия теплоэнергетики (ПАО «Иркутскэнерго» (ТЭЦ-6, ТЭЦ-7)), лесопромышленный комплекс (филиал АО «Группа «Илим»)). На их долю приходится 92% всех выбросов атмосферного воздуха. Высокий уровень загрязнения воздуха дают следующие химические вещества: бенз(а)пирен, сероуглерод, формальдегид, фториды водорода и др. [9].

В ходе проведения исследования использовалось существующее зонирование лесов г. Братска (схема зонирования городских лесов г. Братска была разработана Чжан С.А. в 2014 году [10]): I зона – экстремального загрязнения (протяженность от основного источника загрязнения на север – 12 км; на юг – 10 км; на запад – 22 км и на восток – 22 км); II зона – сильного загрязнения, граница которой располагается на расстоянии 20 км на север, 18 км на юг, 28 км на запад и 30 км на восток; III зона – слабого загрязнения, граница которой находится в радиусе 50-60 км от источника загрязнения [10].

На рисунке 1 представлена карта расположения временных пробных площадей (ВПП), заложенных в 2019 году относительно главного источника загрязнения промышленными выбросами города Братска – ОАО «РУСАЛ Братск».

Для детального лесотипологического и лесоводственно-таксационного обследования на территории городских лесов закладывались пробные площади в количестве 10 шт., размером 0,5 га. В таблице 1 представлено расстояние до каждой пробы от источника загрязнения.

Все полученные данные обработаны статистически, с использованием методов математического моделирования и компьютерных программ.

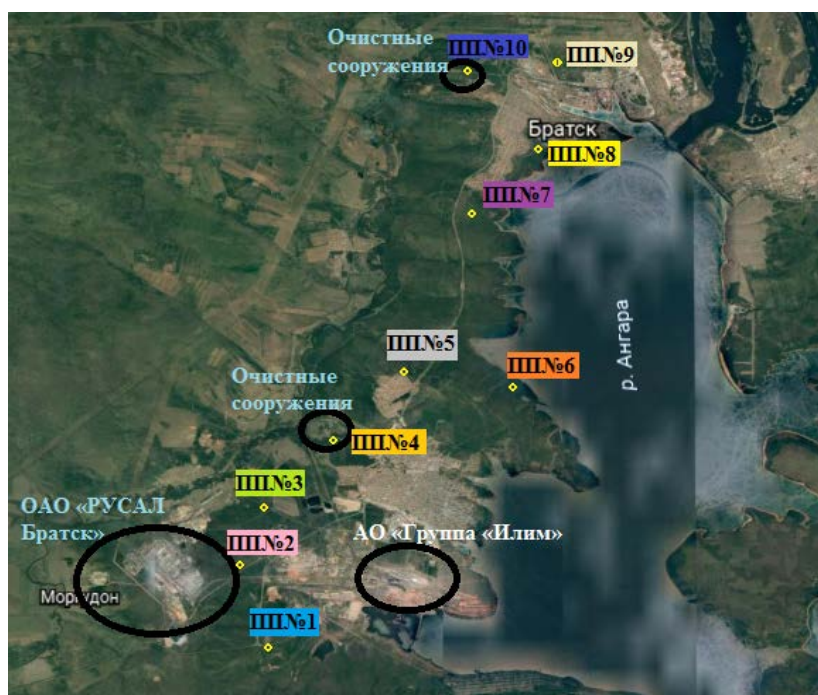


Рис. 1. Карта-схема расположения ВПП

Таблица 1

Расположение временных пробных площадей

№ ВПП	Квартал	Выдел	Протяженность от ОАО «РУСАЛ», км	Направление
1	112	9	7,74	ЮВ
2	100	3	1,39	СВ
3	90	8	7,7	СВ
4	70	15	12,0	СВ
5	49	23	14,28	СВ
6	59	8	18,77	СВ
7	30	6	20,9	СВ
8	24	5	27,14	СВ
9	14	9	30,94	СВ
10	11	16	29,87	СВ

Результаты исследований и их обсуждение

Объект исследования – лесные массивы, расположенные в границах города Братска. Общая площадь лесных массивов составляет 7270,3 га. При численности населения города Братска 226,3 тыс. человек на одного жителя города приходится 287 м² земель, входящих в состав лесных массивов, или 268 м² земель, покрытых лесной растительностью.

Братск относится к крупным промышленным центрам Приангарья с высоким уровнем загрязнения и входит в десятку наиболее загрязненных городов Российской Федерации. На рисунке 2 представлена динамика промышленных выбросов города Братска от основного источника загрязнения ОАО «РУСАЛ Братск».

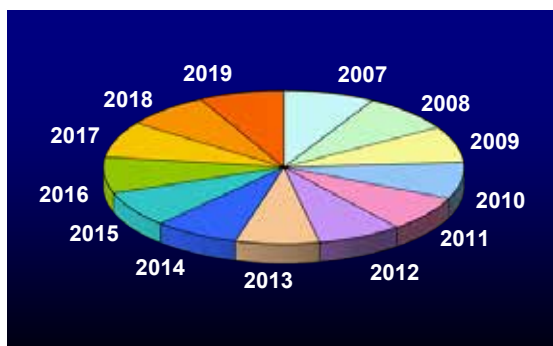


Рис. 2. Количество промышленных выбросов от источников загрязнения (2007-2019 гг.)

Таксационные замеры произведены у 2579 деревьев, среди них преимущественно

но обнаруживается сосна – 57%, лиственница, береза, осина представлены примерно в одинаковом количественном соотношении, с разницей в 1-2%.

Породная и возрастная структура лесных насаждений на территории городских лесов представлена в таблице 2.

Основной лесобразующей породой является сосна, занимающая 56,8% территории, остальные древесные породы распространены незначительно. 85,4% покрытых лесных земель составляет разнотравная группа типов леса. На долю остальных групп типов леса приходится всего 14,6% лесопокрытой территории. Распределение земель по группам типов леса и породному составу представлено на рисунке 3.

Ниже приведена динамика изменения таксационных показателей в сравнении за 12-летний период (рис. 4).

Для зоны экстремального загрязнения характерно изменение таксационных показателей в лучшую сторону (на пробах 1 и 3) с удалением от источника свыше 5 км. Для зоны сильного загрязнения видно, что происходит пространственно-временное изменение диаметров и высот. Более продуктивными являются древостои в радиусе, превышающем 20 км. Для зоны слабого загрязнения также за 12-летний период подтверждается гипотеза, что ее нельзя брать за контроль по состоянию в целом растительности города Братска, и ее границы необходимо расширять.

В таблице 3 сведены результаты исследований таксационных показателей сосновых древостоев по каждой зоне загрязнения.

Таблица 2

Характеристика древесных пород по группам возраста

Преобладающая порода	Молодняки	Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные		Итого
				всего	в т.ч. перестойные	
Сосна	598,9	567,4	78,7	2367,9	1962,9	3612,9
Ель	14,4	1,0	-	38,5	20,1	53,9
Лиственница	15,2	17,3	31,7	189,1	150,7	253,3
Итого хвойных	628,5	585,7	110,4	2595,5	2133,7	3920,1
Береза	297,5	910,8	43,1	82,3	0,2	1333,7
Осина	379,3	727,0	51,1	55,0	21,6	1212,4
Итого мягко-лиственных	676,8	1637,8	94,2	137,3	21,8	2546,1
Кустарники	13,2	-	-	-	-	13,2
Всего, га	1318,5	2223,5	204,6	2732,8	2155,5	6479,4
%	20,3	34,3	3,2	42,2	33,3	100

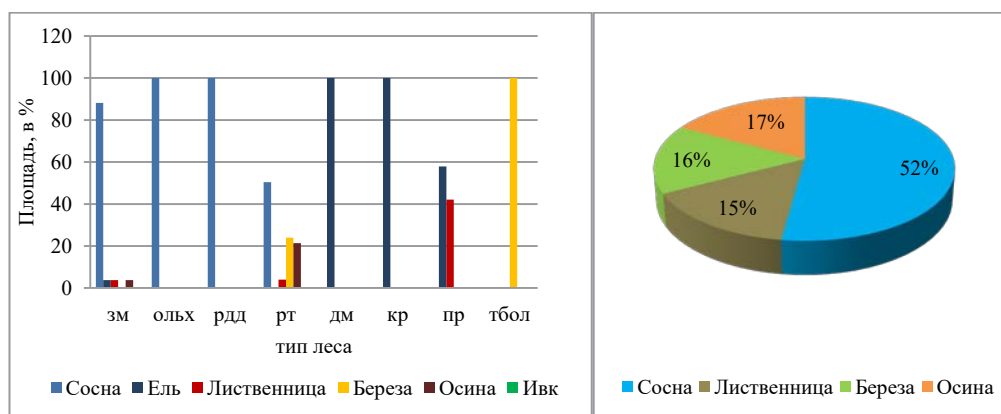


Рис. 3. Распределение земель по группам типов леса и породному составу

Таблица 3

Средние таксационные показатели сосновых древостоев по зонам загрязнения

Зона загрязнения	Диаметр, см	Высота, м	Возраст, лет	Балл категории состояния	Тип леса
1 – зона экстремального загрязнения	20,4±0,62	15,2±0,32	57	2,7	С рт.
2 – зона сильного загрязнения	22,2±0,81	17,4±0,52	71	1,9	С рт.
3 – зона слабого загрязнения	25,3±0,62	18,4±0,63	62	1,5	С рт.

Можно отметить, что между основными таксационными показателями происходит нарушение корреляции, и ухудшается состояние насаждений.

На рисунке 5 по зонам воздействия антропогенных факторов показана зависимость между возрастом и средними баллами категории состояния древостоев.

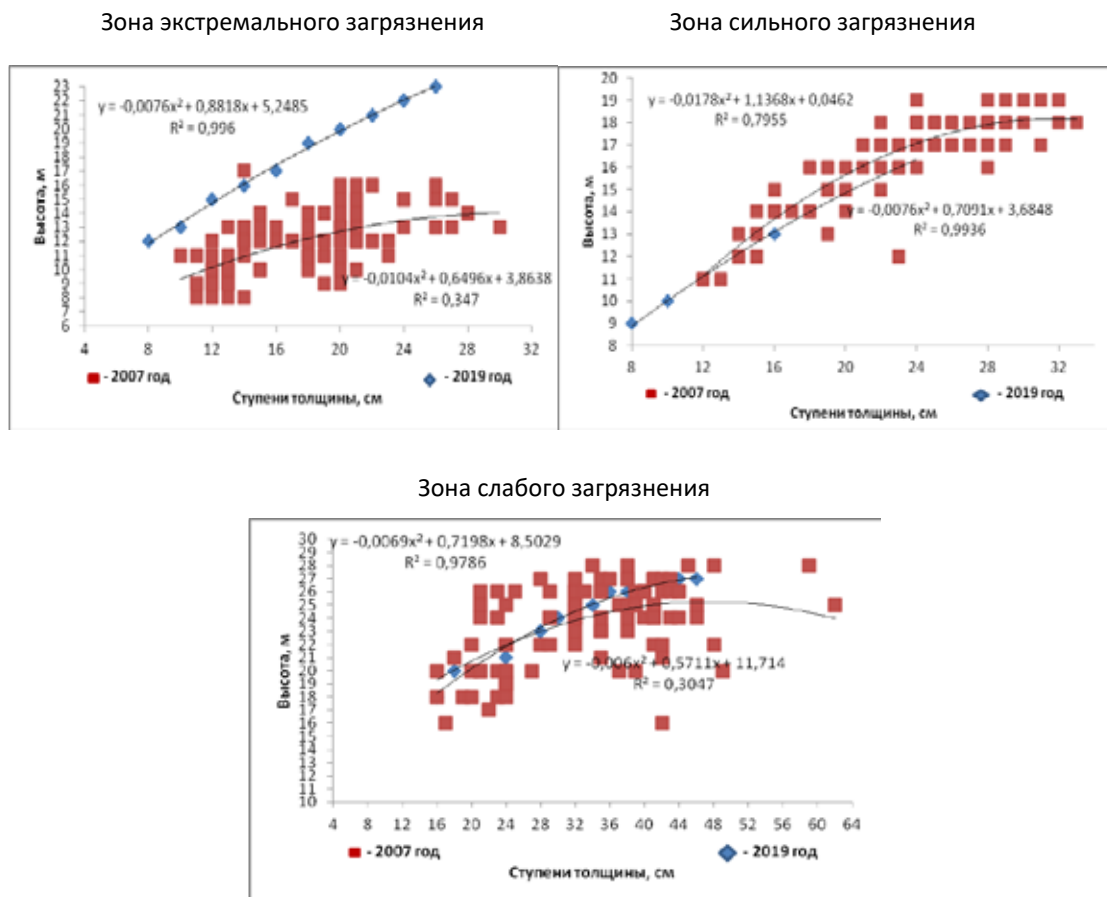


Рис. 4. Зависимости между основными таксационными показателями по зонам загрязнения

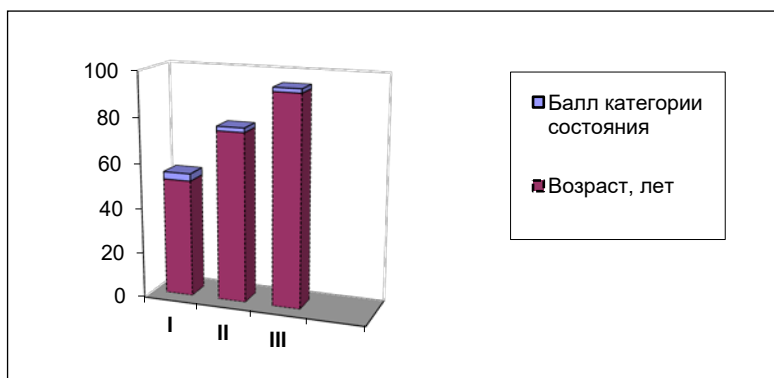


Рис. 5. Зависимость между возрастом и средними баллами категории состояния древостоев по зонам воздействия антропогенных факторов

Под длительным воздействием промышленного влияния происходит ускорение процессов ослабления и распада приспевающих и спелых древостоев, что свидетельствует о ярко выраженной техногенной сукцессии [9].

Выводы

По результатам исследований можно выделить следующее.

1. Произошло пространственно-временное изменение в составе, а также в основных таксационных показателях насаждений. Где

были чистые сосновые насаждения, в состав вошли породы в составе 1-2 единиц тех пород, которые были в примеси.

2. В 1 зоне древостои испытывают угнетение, признаками которого являются частичное усыхание кроны, повреждение стволовой части.

3. Во 2 и 3 зонах состояние практически одинаковое, больший процент приходится на здоровые деревья.

4. Работа промышленных гигантов города Братска изменила в своих технологиях концентрацию выбросов вредных веществ в сторону их уменьшения. Но опять же исследования были проведены только в С-В направлении от источника загрязнения, поэтому говорить о полном улучшении состояния древостоев нельзя.

5. Необходимо каждые пять лет проводить дополнительные исследования по оценке роста и развития городских лесов города Братска. Это подтверждено многими авторами [3-5], изучающими формирование древостоев в условиях длительного техногенеза города Братска, подтверждающими, что его лесные массивы – это уникальный объект для исследований.

Список литературы

1. Калугина О.В., Шергина О.В., Михайлова Т.А. Оценка антропогенной нарушенности лесных биогеоценозов в городской среде (на примере г. Братска) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2017. № 19. С. 48-67.
2. Сергиякова Ю.Т., Ковылина О.П. Влияние загрязнения на морфометрические показатели шишек лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) // Сборник статей по материалам Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, посвященной 85-летию СибГТУ – первого ВУЗа Красноярского края. Красноярск: Издательство: СИБГТУ, 2015. С. 16-18.
3. Михайлова Т.А., Калугина О.В. Мониторинг техногенного загрязнения и состояния сосновых лесов на примере Иркутской области // Лесоведение. 2020. № 3. С.265-273.
4. Черненькова Т.В. Биоразнообразие лесного покрова при техногенном загрязнении // Экология. 2014. Т. 45. № 1. С. 1-10.
5. Чжан С.А., Пузанова О.А., Чжан Л.А. Лесоводственная оценка сосновых насаждений в условиях длительного техногенного загрязнения // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 2(18). С.164-167.
6. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. Утв. приказом Государственного комитета СССР по лесному хозяйству от 23 мая 1983 г. № 72. Введены с 01.01.84 г.
7. Анучин Н.П. Лесная таксация. 6-е изд. М.: ВНИИЛМ, 2004. 552 с.
8. Правила санитарной безопасности в лесах Российской Федерации (от 20 мая 2017 г. N 607). Москва, 2017. 14 с.
9. Чжан С.А., Пузанова О.А. Влияние длительной техногенной нагрузки на компоненты леса города Братска // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 47. Брянск: БГИТУ, 2017. 199 с.
10. Чжан, С.А. Зонирование лесных экосистем, подверженных длительному техногенезу // Вестник МГУЛ: Лесной вестник. 2012. № 1. С.164-166.

УДК 630*181.351

**НЕКОТОРЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ПОДЛЕСКА
В ЛЕСОПАРКАХ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА****Добротворская О.Е.***ФГБУН «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук»,
Екатеринбург, e-mail: taraxacum-oficin@mail.ru*

Проанализированы параметры подлеска в пяти лесопарках г. Екатеринбурга и в четырех насаждениях зеленых зон около него. Подлесок оценивали по видовому составу, густоте, высоте, количеству адвентивных видов. В подлеске зафиксировано 44 вида, в том числе 29 инорайонных. Густота и высота подлеска в лесопарках значительно выше, чем в зеленой зоне. Она снижается с увеличением степени рекреационной депрессии. Основная доминанта в лесопарках – малина обыкновенная *Rubus idaeus* L. Содоминанты – рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia* L. и черемуха обыкновенная *Prunus padus* L. С увеличением степени рекреационной депрессии встречаемость малины снижается. Видовая насыщенность подлеска на статистически достоверном уровне ($p < 0,05$) не различается в пределах рассматриваемых групп типов леса. По количеству видов подлеска аборигенные виды превышают количество адвентивных видов в зеленой зоне. В лесопарках количество адвентивных видов больше или равно количеству аборигенных видов. В пригородных лесах наблюдается проникновение адвентивных видов под полог леса. Установлено, что видовая насыщенность подлеска в большей степени зависит от расстояния до источника обсеменения интродуцентов, чем от величины нарушенного почвенного покрова и, следовательно, степени рекреационной депрессии. По общему числу особей в городских лесах преобладают аборигенные виды. В настоящее время инорайонные деревья и кустарники не образуют плотных зарослей и не нарушают возобновления лесообразующих пород. Отсутствует флористическое сходство между зеленой зоной и лесопарками, что указывает на трансформацию последних урбаногенной средой.

Ключевые слова: подлесок, лесопарк, адвентивные виды, инвазивные виды, интродуценты**SOME OBSERVATIONS OF CHANGES IN THE PARAMETERS
OF THE UNDERGROWTH IN THE FOREST PARKS OF YEKATERINBURG****Dobrotvorskaya O.E.***Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg,
e-mail: taraxacum-oficin@mail.ru*

The parameters of the undergrowth in 5 forest parks of Yekaterinburg and in 4 green areas near it are analyzed. The undergrowth was evaluated by species composition, density, height, and the number of adventitious species. 44 species have been recorded in the undergrowth, including 29 non-regional species. The density and height of the undergrowth in forest parks is much higher than these in the green zone. It decreases with an increase in the degree of recreational depression. The main dominant in forest parks is the common raspberry *Rubus idaeus* L. Sodomnants are mountain ash *Sorbus aucuparia* L. and common bird cherry *Prunus padus* L. With an increase in the degree of recreational depression, the occurrence of *Rubus idaeus* L. decreases. The species saturation of the undergrowth at a statistically significant level ($p < 0.05$) does not differ within the considered groups of forest types. In terms of the number of species of undergrowth, native species exceed the number of adventitious species in the green zone. In forest parks, the number of adventitious species is greater than that or equal to the number of native species. In suburban forests, adventitious species have been observed to enter the forest canopy. It was found that the species saturation of the undergrowth depends more on the distance to the source of the introduced seed than on the size of the disturbed soil cover, and, consequently, the degree of recreational depression. The total number of individuals in urban forests is dominated by native species. Currently, non-district trees and shrubs do not form dense thickets and do not disrupt the renewal of forest-forming species. There is no floral similarity between the green zone and the forest parks, which indicates the transformation of the latter by the urban environment.

Keywords: undergrowth, forest park, adventive species, invasive species, introducers

Лесопарки, которые когда-то располагались на окраинах городов, со временем оказываются внутри городской территории. Как правило, в этих случаях площади лесопарков снижаются. Изменения, происходящие с такими природными территориями, вызывают интерес у многих исследователей. Высокая рекреационная нагрузка и целенаправленная интродукция подлеска в лесопарках способствует внедрению под полог насаждений сосны обыкновенной

(*Pinus silvestris* L.) видов инорайонного происхождения. Оценка видового состава, инвазивной агрессивности, степени активности и натурализация таких видов привлекает внимание ряда исследователей [1–3].

По литературным данным адвентивные виды флоры в городах не превышают 27% [4], а в заповедниках не более 22% [5]. Распространение адвентивных видов растений отмечено как в неурбанизированных районах [6], так и в урбанизированных [7–9], где

появляется рекреационная нагрузка, в том числе в Свердловской области [10]. Лесопарки – это переход от антропогенных мест обитания растений к естественным.

Цель исследования – изучить параметры подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга в сравнении с зеленой зоной, включение адвентивных видов и возможность замещения инвазивными видами аборигенных видов.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в насаждениях двух групп типов леса – ягодниковой и разнотравной – на 59 пробных площадях (ПП) в лесопарках г. Екатеринбурга и в насаждениях зеленых зон. Исследования проводили в подзоне южной тайги, Зауральской холмисто-предгорной провинции южнотаежного округа по лесорастительному районированию [11]. ПП были заложены в лесопарке им. Лесоводов России, Калиновском, Шувакишском и Юго-Западном лесопарках, в ЦПКиО им. Маяковского, в дендрологическом парке Ботанического сада УрО РАН, в насаждениях зеленых зон (около озера Чусовского, вдоль Чусовского тракта, около деревни Большое Седельниково). В качестве контроля выбрано насаждение в 5 км от оз. Глухого.

На учетных площадках 2х2 м определяли видовой состав подлесочных пород, их высоту и густоту. На ПП закладывали по 25 учетных площадок через произвольное приблизительно равное расстояние в направлении по двум диагоналям ПП. Численность подлеска оценивали по количеству стволов у деревьев и по количеству стволиков у кустарников. При камеральной обработке рассматривали соотношение в лесопарках адвентивных и аборигенных видов по численности и видовому составу. Флористическое сходство между лесопарками определяли по коэффициенту Сёренсена [12]. Статистическая обработка (анализ статистической достоверности различий выборок) проведена в программе Statistica 10.

Учет проводился по следующим группам высот: 0–10, 11–20, 21–50, 51–100, 101–150, 151–200, 201–300 и > 300.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований выявлено, что густота подлеска в лесопарках в среднем составляла 45 тыс. экз./га и превышала этот показатель на контроле (зеленой зоне) – в среднем 19 тыс. экз./га (рис. 1).

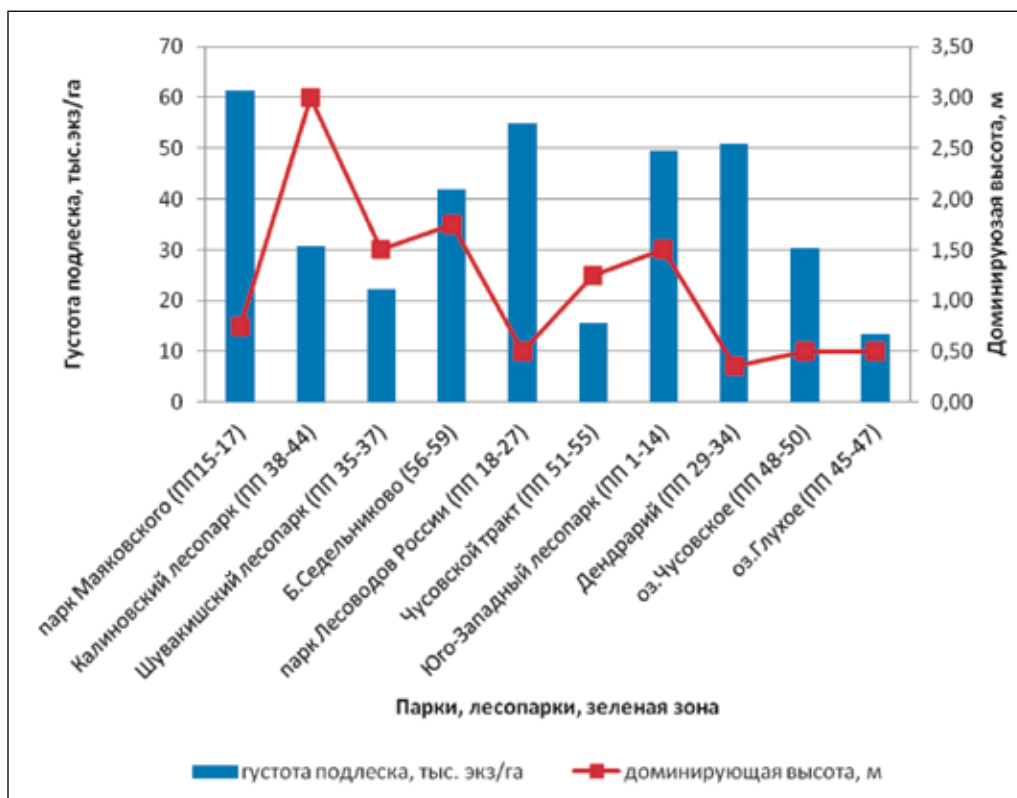


Рис. 1. Густота подлеска, тыс. экз./га

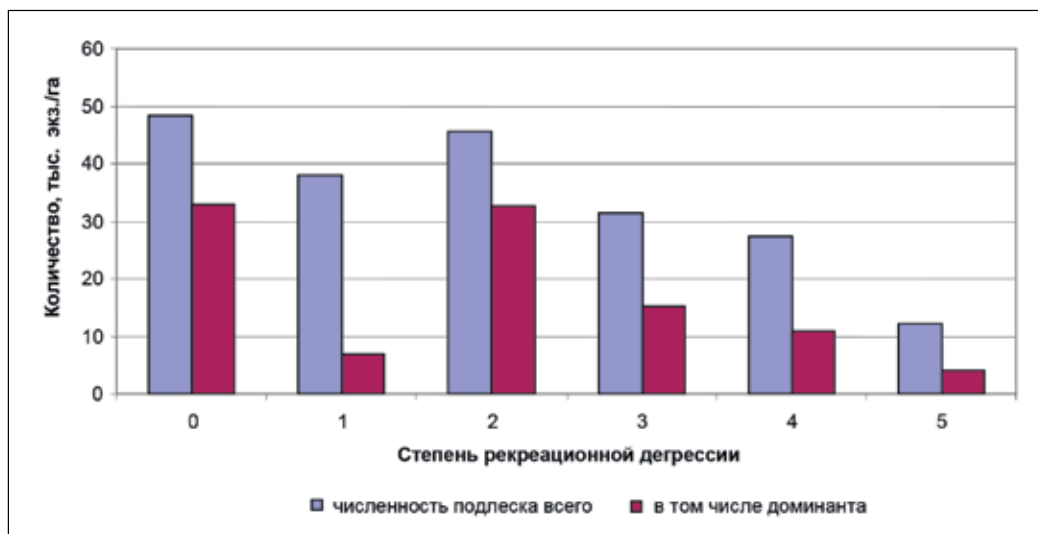


Рис. 2. Численность подлеска, тыс. экз./га

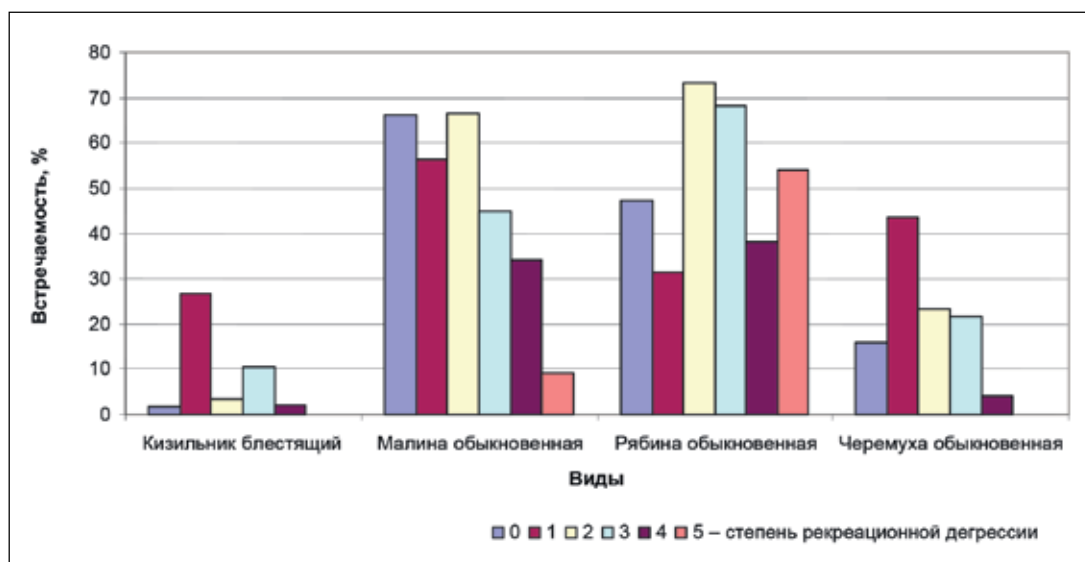


Рис. 3. Встречаемость доминанты и содоминантов по степеням рекреационной депрессии, %

В разнотравной группе типов леса наименьшее количество подлеска наблюдается в Шувакишском (20,5–25,8 тыс. экз./га) лесопарке, наибольшее – в парке Лесоводов России (26,5–117,5 тыс. экз./га). В Калиновском лесопарке и в Дендрарии она составляла 6,4–77,25 тыс. экз./га и 22,75–69,89 тыс. экз./га соответственно.

В ягодниковой группе типов леса наименее густой подлесок в контроле на озере Глухом (5,74–20,66 тыс. экз./га), самый густой среди всех пробных площадей в Центральном парке культуры и отдыха (32,7–103,8 тыс. экз./га) и Юго-Западном лесопарке (17,5–141,25 тыс. экз./га).

Средняя высота подлеска на пробных площадях составляет 0,5–1,0 м, максимальная в некоторых лесопарках достигает 1,5–2,0 м. Доминирующая высота кустарников на ПП колеблется от 0,5 до 3,0 м.

Густота подлеска в лесопарках снижается с увеличением степени рекреационной депрессии. Количество подлеска с увеличением степени рекреационной депрессии снижается от 48 до 12 тыс. экз./га (рис. 2).

Встречаемость подлесочных видов колеблется от 1 до 96 %. Высокий коэффициент встречаемости у рябины обыкновенной, малины обыкновенной, черемухи обыкновенной, кизильника блестящего (рис. 3).

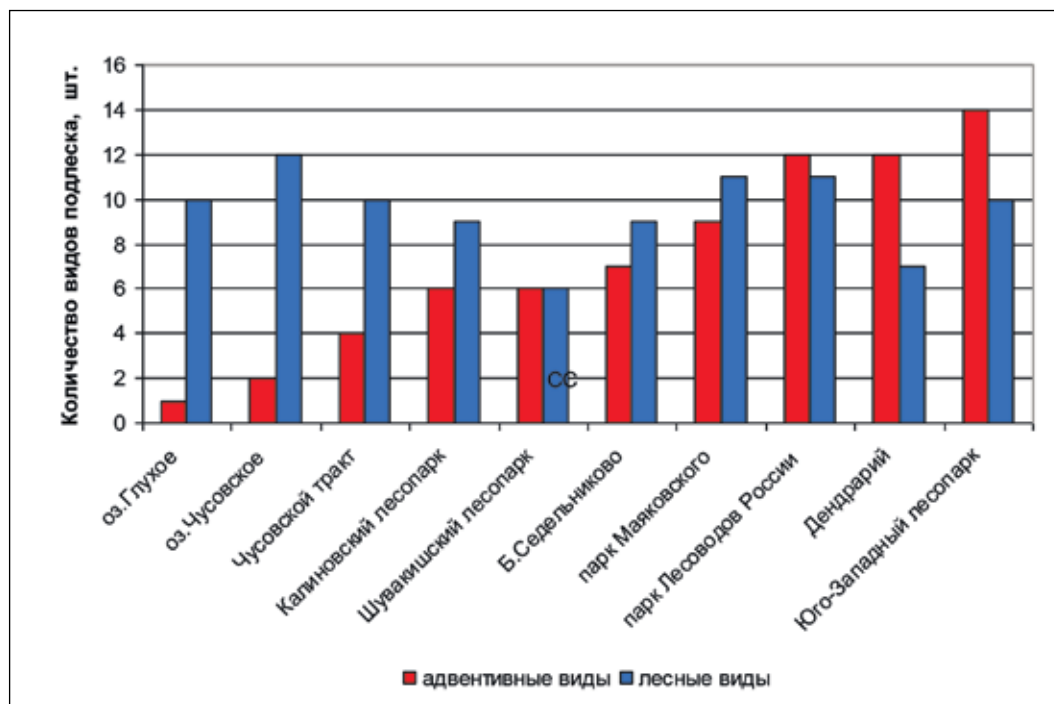


Рис. 4. Соотношение количества аборигенных лесных и адвентивных видов

Малина обыкновенная доминирует на большинстве пробных площадей, образуя сплошные заросли. Содоминанты малины обыкновенной – рябина обыкновенная и черемуха обыкновенная. Встречаемость малины составляет 9–68%, рябины – 31–73%, черемухи – 0–43% (рис. 3).

Малина, образуя сплошные заросли, может быть естественным барьером для распространения семян интродуцентов. Г.В. Ладейщикова, А.П. Петров отмечают, что при доминировании малины единично встречаются только *Malus baccata* (L.) Borkh. и *Padus virginiana* (L.) Mill. [6].

Видовая насыщенность подлеска на статистически достоверном уровне ($p < 0,05$) не различается в пределах рассматриваемых групп типов леса. Количество видов подлеска (рис. 4) в лесопарках составляет 15–24 шт., что выше, чем в зеленых зонах (11–14 шт.). В пригородных лесах наблюдается проникновение адвентивных видов под полог леса.

Установлено, что видовая насыщенность подлеска в большей степени зависит от расстояния до источника обсеменения интродуцентов, чем от величины нарушенного почвенного покрова и, следовательно, степени рекреационной депрессии (рис. 4).

Адвентивные виды в лесопарках распространяются в результате анемохории, антропохории, орнитохории и зоохории [13]. Адвентивных видов меньше всего отмечено на озере Глухом (1), озере Чусовском (2) и на Чусовском тракте (4). Максимальное число адвентивных видов зафиксировано в Юго-Западном лесопарке (14), в Дендрарии (12) и парке Лесоводов России (12). Аборигенных видов в лесопарках немного меньше (6–11), чем в контроле (10–12). Их минимальное количество в Шувакишском лесопарке (6), Дендрарии (7) и Калиновском лесопарке (9). Аборигенных видов больше всего на озере Чусовском (12), в парке Лесоводов России (11), в парке Маяковского (11), на Чусовском тракте (10) и в Юго-Западном лесопарке (10). Одинаковое число лесных и адвентивных видов (6) наблюдается в Шувакишском лесопарке. В процентном соотношении наибольшее количество адвентивных видов зафиксировано в Юго-Западном лесопарке (19%), парке Лесоводов России (17%), Дендрарии (16%). Наименьшее количество адвентивных видов в контроле (оз. Глухое 1%, оз. Чусовское 3%, Чусовской тракт 6%). В подлеске лесопарков и зеленых зон всего представлено в подлеске 44 вида, в том числе 29 инорайонных или адвентивных.

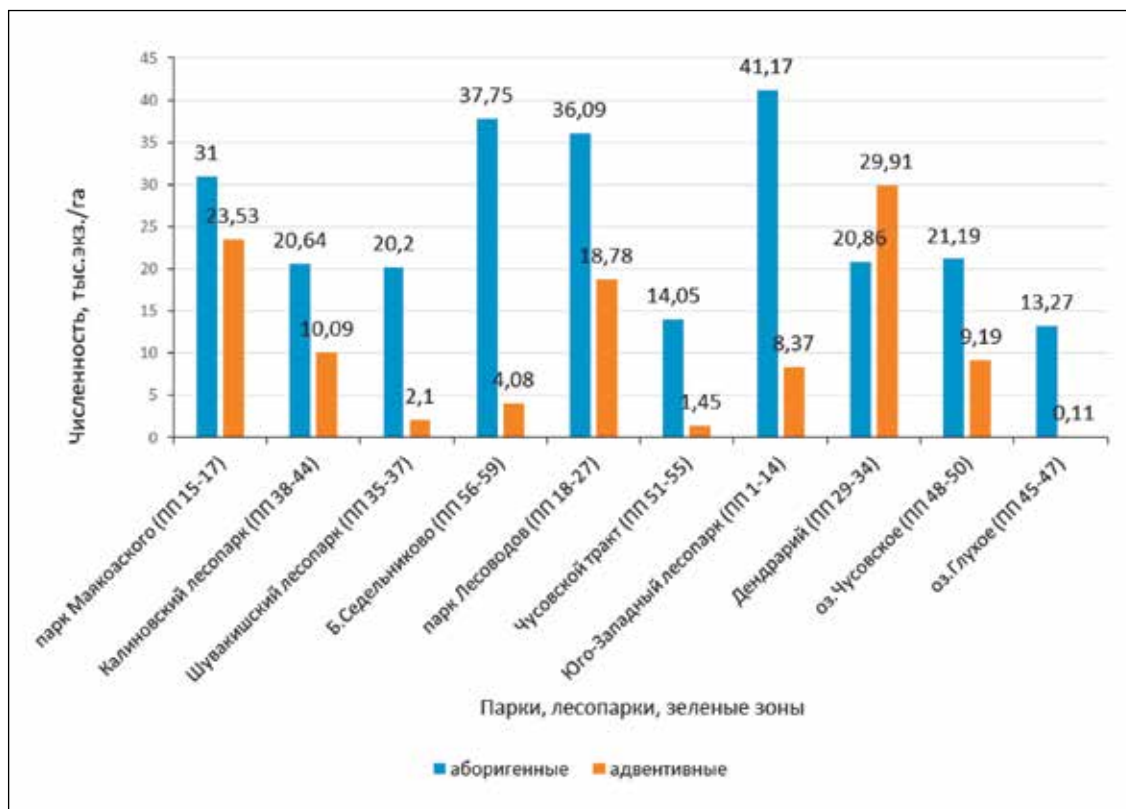


Рис. 5. Средняя численность растений аборигенных и адвентивных видов, тыс. экз./га

По данным Г.В. Ладейщиковой, А.П. Петрова [14] в лесопарках г. Екатеринбурга зафиксировали 42 вида интродуцентов, в т. 19 натурализовавшихся видов. В лесопарке имени Лесоводов России г. Екатеринбурга отмечают распространение 14 видов «древесных интродуцентов» в подлеске, в Уктусском лесопарке 11 видов [3]. В Юго-Западном лесопарке г. Екатеринбурга в подлеске лесопарков г. Екатеринбурга было учтено Д.В. Веселкиным, А.А. Коржиневской и др. [2]. 16 видов деревьев и 30 видов кустарников, в том числе 25 видов адвентивных и 21 аборигенный вид. При этом адвентивные, в том числе инвазивные виды представлены именно среди мелких особей.

По численности растений подлесочных видов количество экземпляров аборигенных значительно выше, чем адвентивных. В зеленых зонах и на контроле численность адвентивных видов довольно низкая. Только в дендрарии Ботанического сада численность адвентивных видов выше, чем численность аборигенных, за счет близкого расположения источников осеменения инорайонных видов, изоляции участка от основных лесных массивов и его небольшой площади (рис. 5).

Полученные нами данные о средней численности растений подлеска несколько ниже полученных А.П. Кожевниковым, И.Н. Костаревым [3], по данным которых максимальная плотность аборигенного вида (999 шт/га) отмечена в Уктусском лесопарке у *Sorbaria sorbifolia* (L.), в лесопарке Лесоводов России максимальная плотность (566 шт/га) зафиксирована у *Prunus padus* L.

По нашим данным, как и по данным Д.В. Веселкина, А.А. Коржиневской и др. [2] по общему числу особей в городских лесах преобладают аборигенные виды. Преобладание аборигенных видов более заметно у крупных особей (более 1 см в диаметре). У инвазивных видов зафиксировано преобладание мелких особей над крупными.

При исследовании флористического сходства-различия видового состава подлеска между лесопарками и зеленой зоной установлено, что коэффициент Сёренсена равен 0,26–0,46. Полученный результат указывает на статистически достоверные флористические различия рассмотренных выборок ($p < 0,05$) по критерию Стьюдента. Видовые различия состава подлеска формируются за счет внедрения интроду-

центов в подлесок лесопарков Екатеринбурга, что также изучали многие исследователи [2, 3, 10].

В то же время А.П. Кожевников, И.Н. Костарев [3] отмечают, что внедрение древесных интродуцентов в подлесок лесопарков не представляет опасности для естественных фитоценозов в настоящее время, несмотря на то, что подлесок лесопарков г. Екатеринбурга сильно трансформирован по видовому составу.

Д.В. Веселкиным, А.А. Коржиневской и др. [2] установлено, что 54% зарегистрированных видов инорайонные. Посадки являются основным путем проникновения адвентивных, в том числе инвазивных, видов в подлесок лесопарков. Трансформацию видового состава подлеска также отмечали и другие исследователи [14, 15]. Большинство адвентивных видов могут возобновляться в лесопарках г. Екатеринбурга за пределами специальных посадок [2].

Заключение

Густота и высота подлеска в лесопарках значительно выше, чем в зеленой зоне. Плотность подлеска снижается с увеличением степени рекреационной дегрессии. Основная доминанта в лесопарках – малина обыкновенная. Содоминанты – рябина обыкновенная и черемуха обыкновенная. С увеличением степени рекреационной дегградации встречаемость малины снижается. По количеству видов подлеска аборигенные виды превышают количество адвентивных видов в зеленой зоне. В лесопарках количество адвентивных видов выше или равно количеству аборигенных видов. Численность растений подлесочных пород аборигенных видов значительно выше, чем адвентивных видов. В зеленых зонах и на контроле численность адвентивных видов низкая. Внедрение древесных интродуцентов в подлесок лесопарков происходит в результате анемохории, антропохории, зоохории и орнитохории. Отсутствует флористическое сходство между зеленой зоной и лесопарками, что указывает на трансформацию последних урбанизированной средой.

Список литературы

1. Баранова О.Г., Бралгина Е.Н. Инвазионные растения во флоре Удмуртской Республики // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. Вып. 2. С. 31–36.
2. Веселкин Д.В., Коржиневская А.А., Подгаевская Е.Н. Состав и численность адвентивных и инвазивных кустарников и деревьев подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 42. С. 102–118.
3. Кожевников А.П., Костарев И.Н. Внедрение древесных интродуцентов в состав подлеска лесопарков г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2018. № 4 (67). С. 49–56.
4. Сенатор С.А., Костина Н.В., Саксонов С.В. Зависимость видового разнообразия урбанофлор от ряда факторов // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 23–29.
5. Морозова О.В., Царевская Н.Г. Участие чужеродных видов сосудистых растений во флорах заповедников Европейской России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2010. № 4. С. 54–62.
6. Акатов В.В., Акатова Т.В., Грабенко Е.А. Изменение верхней границы распространения акации белой и клена ясенелистного в долине реки Белая (Западный Кавказ) // Лесоведение. 2014. № 1. С. 21–33.
7. Гусев А.П. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) // Российский журнал биологических инвазий. 2012. Т. 19. № 2. С. 231–236.
8. Aronson M.F.J., Handel S.N., Puma I.P., Clemants S.E. Urbanization promotes alien woody species and diverse plant assemblages in the New York metropolitan region. *Urban Ecosystems*. 2015. Vol. 18. No. 1. P. 31–45. DOI: 10.1007/s11252-014-0382-z.
9. Jim C.Y., Zhang Y. Urbanization effects on spatial-temporal differentiation of tree communities in high density residential areas. *Urban Ecosystems*. 2015. Vol. 18. No. 4. P. 1081–1101. DOI: 10.1007/s11252-015-0455-7.
10. Третьякова А.С. Закономерности распределения чужеродных растений в антропогенных местообитаниях Свердловской области // Российский журнал биологических инвазий. 2015. № 4. С. 118–128.
11. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. 176 с.
12. Быков Б.А. Экологический словарь. Алма-Ата: Издательство «Наука» Казахской ССР, 1988. С. 108.
13. Саксонов С.В., Раков Н.С., Васюков В.М., Сенатор С.А. Чужеродные растения в лесных сообществах среднего Поволжья: способы диссеминации и степень натурализации // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 2 (19). С. 78–83.
14. Ладейщикова Г.В., Петров А.П. Интродуценты в лесопарковой зоне г. Екатеринбурга // Альманах современной науки и образования. 2008. № 11. С. 83–86.
15. Петров А.П., Ладейщикова Г.В., Зотеева Е.А. Дегрессия фитоценозов и натурализация древесных растений в лесопарковой зоне г. Екатеринбурга // Ботанические исследования на Урале: Материалы региональной с международным участием научной конференции посвященной памяти П.Л. Горчаковского / Под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Издательство Пермского государственного университета, 2009. С. 279–281.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Дудина Т.Н., Тарасова О.С.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИИХ»,
Новосибирск, e-mail: tosgeo@bk.ru

Рассмотрены сущность и роль экологического образования для достижения параметров рационального природопользования в контексте целей устойчивого развития. Определены существенные недостатки в подготовке профессиональных управленцев, выявлены следствия отсутствия экологических знаний у менеджеров, предложены варианты по дополнению образовательных программ по направлению «Менеджмент» дисциплинами экологической тематики для повышения уровня экологического образования управленческих кадров в целях разработки и реализации управленческих решений с учетом экологических ограничений. Дан краткий обзор развития экологического образования в РФ, определены основные нормативно-правовые документы, регламентирующие реализацию экологического образования, определены ограничения по внедрению экологического образования на всех образовательных уровнях. Рассмотрена роль экологического образования в достижении целей устойчивого развития в РФ. Определена необходимость внедрения экологических дисциплин не только в образовательные программы по подготовке менеджеров, но и в другие образовательные программы в целях повышения общего уровня экологической грамотности и формирования экологической культуры. Дана оценка динамики обучающихся на программах высшего образования по направлениям экологической направленности. Проанализирована роль дополнительного образования. Проанализирована доля курсов повышения квалификации и переподготовки по экологическим направлениям в общем количестве программ дополнительного образования в РФ. Рассмотрены особенности и результаты организации и проведения курсов повышения квалификации «Экологические знания доступны каждому!» для педагогов дошкольного образования и учителей школ. Определены потребности у педагогов в продолжении повышения уровня образования по экологической тематике. Доказана необходимость преемственности образовательных программ дошкольного, школьного, профессионального и дополнительного образования.

Ключевые слова: экологическое образование, устойчивое развитие, рациональное природопользование, управленческие кадры, экологические ограничения

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Dudina T.N., Tarasova O.S.

Novosibirsk State University of Economics and Management NINH, Novosibirsk, e-mail: tosgeo@bk.ru

The essence and role of environmental education for achieving the parameters of rational nature management in the context of sustainable development goals are considered. Significant shortcomings in the training of professional managers have been identified, the consequences of the lack of environmental knowledge among managers have been identified, options have been proposed to supplement educational programs in the direction of "Management" with environmental disciplines to increase the level of environmental education of managerial personnel in order to develop and implement management decisions taking into account environmental constraints. A brief overview of the development of environmental education in the Russian Federation is given, the main regulatory documents regulating the implementation of environmental education are defined, restrictions on the introduction of environmental education at all educational levels are defined. The role of environmental education in achieving the goals of sustainable development in the Russian Federation is considered. The necessity of introducing environmental disciplines is determined not only in educational programs for training managers, but also in other educational programs in order to increase the overall level of environmental literacy and the formation of environmental culture. An assessment of the dynamics of students in higher education programs in the areas of environmental orientation is given. The role of additional education is analyzed. The share of advanced training and retraining courses in environmental areas in the total number of additional education programs in the Russian Federation is analyzed. The features and results of organizing and conducting advanced training courses for preschool teachers and school teachers "Environmental knowledge is available to everyone!" are considered. The needs of teachers in continuing to improve the level of education on environmental issues are determined. The necessity of continuity of educational programs of preschool, school, vocational and additional education is proved.

Keywords: environmental education, sustainable development, environmental management, management personnel, environmental restrictions

Вопросы экологического образования при подготовке управленческих кадров в целях реализации рационального природопользования и устойчивого развития приобретают в настоящее время особую актуальность. Обеспечение экологической

безопасности и рациональное природопользование – стратегические государственные задачи. Так в Указе Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Феде-

рации и перечня критических технологий Российской Федерации» направление «Рациональное природопользование» является одним из восьми приоритетных направлений государственного развития. Также необходимость модернизации образования с учетом потребностей в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития определена в Федеральном законе от 31.12.2014 г. № 488 «О промышленной политике». Вместе с тем при подготовке руководящих кадров разного уровня экологическая тематика в образовательных программах и в настоящее время практически отсутствует.

Цель исследования – определить роль экологического образования в подготовке управленческих кадров, доказать необходимость широкого экологического образования в целях повышения общей экологической грамотности и формирования экологической культуры.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования были проанализированы учебные планы разных вузов страны по направлению подготовки «Менеджмент», а также учебные планы по экономическим направлениям обучения. Проанализированы статистические данные по контингенту и особенностям подачи документов и приема студентов на направления экологической тематики, проанализирована статистика по программам повышения квалификации и переподготовки, проведено анкетирование слушателей курсов повышения квалификации «Экологические знания доступны каждому!» НГУЭУ.

Результаты исследования и их обсуждение

Большинство образовательных программ по направлению «Менеджмент» основано на межотраслевом характере обучения, включающем обобщенные аспекты теоретических знаний и практических навыков управления в различных отраслях народного хозяйства. С учетом того, что промышленные и сельскохозяйственные предприятия являются природопользователями, отсутствие экологических и природоохранных дисциплин в образовательных программах при подготовке управленческих кадров, не дает возможности таким специалистам учитывать экологические ограничения в своей профессиональной деятельности.

Отсутствие системного видения взаимосвязей с социо-эколого-экономическими системами зачастую приводит к некоррект-

ным управленческим решениям, даже при наличии на предприятиях экологических служб. При руководителе, не имеющем базы экологического и природоохранного образования, не владеющем основными принципами реализации рационального природопользования, а следовательно, системного видения возможных негативных последствий реализуемой антропогенной деятельности, роль экологических служб сводится к составлению экологической отчетности и уменьшению штрафных санкций при нарушениях действующего природоохранного законодательства. В таком варианте работа выстроена на принципах минимизации или ликвидации последствий негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, а не на превентивной работе, предотвращающей возникновение этих последствий.

Сложность социо-эколого-экономической системы предопределяет и требования к образованию современного управленца. Решением вопроса может стать увеличение объемов подготовки специалистов в рамках отраслевого (прикладного) менеджмента, например подготовки менеджеров предприятий природопользования, причем не только в экономико-управленческих вузах, но и в технических, а также внедрение базовых дисциплин экологической, природоохранной и природопользовательской тематики в образовательные программы общего менеджмента.

Логика вопроса требует включения в образовательные программы по направлению «Менеджмент» естественнонаучных дисциплин (экология, география), экономико-управленческих (в том числе основы природопользования, экономика природопользования, управление природопользованием, ресурсосбережение, экологический менеджмент), социально-гуманитарных (экология человека, социальная экология, устойчивое развитие). Практическая подготовка менеджеров, через производственные практики, должна учитывать специфику деятельности с учетом экологической ответственности при принятии управленческих решений.

Формирование эколого-ориентированного управленческого образования в вузах России еще в 2010–2015 гг. ограничивалось рядом затруднений [1], которые не преодолены до настоящего времени. В частности, к таким трудностям можно отнести:

– отсутствие инструментария и нормативно-правовой базы государственного

развития и регулирования эколого-ориентированного управленческого образования, что косвенно подтверждается небольшим количеством бюджетных мест на эколого-ориентированные направления подготовки, отсутствием закрепленных требований при формировании образовательных программ по включению в них экологических и природопользовательских дисциплин;

– отсутствие понимания важности включения эколого-ориентированных дисциплин у лиц, принимающих решения, в том числе руководителей вузов, при формировании образовательных программ;

– общий низкий уровень экологической культуры и понимания необходимости ответственного отношения к состоянию окружающей природной среды и снижения степени антропогенной нагрузки при реализации хозяйственной и иной деятельности.

Следует отметить, что правовая основа развития экологического образования заложена и в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» и в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации». Однако в этих законах отсутствуют механизмы реализации заложенных норм, что делает невозможным их исполнение [2].

Принципы развития экологического образования начали формироваться в нашей стране с середины 1970-х гг., в основе принципов лежали теоретические и практические наработки В.И. Вернадского, Н.Н. Моисеева, Н.Ф. Реймерса и других ученых. Уже в это время экологическое образование рассматривалось как одно из средств гармонизации человека и природы. Сопровождались эти процессы и мировыми изменениями в понимании роли экологического образования при анализе хозяйственной деятельности в формировании негативных изменений окружающей среды и принятии управленческих решений. Так, на Первой международной конференции по образованию в области окружающей среды в Тбилиси (1977) [3] были определены три ключевые цели в образовательной сфере:

1. Учет тесной взаимосвязи экологических, социальных, политических и экономических процессов и их комплексного влияния на состояние окружающей среды в городской и сельской местности.

2. Возможность для каждого человека получать необходимую информацию, усваивать необходимые ценности для реализации инициативного и ответственного отношения к природе, в целях ее охраны и поддержания качества среды.

3. Необходимость формирования новых экологически ответственных моделей поведения отдельных людей и их сообществ в целях ответственного отношения к окружающей среде.

В это же время начинает формироваться целое научное направление «Природопользование» и его составляющие: ресурсосведение, рациональное природопользование, экономика природопользования, управление природопользованием. В настоящее время природопользование выступает как наука, определяющая основы использования природных ресурсов в целях создания экономических благ и достижения экономических, социальных и общественных эффектов.

Парадокс текущей ситуации состоит в том, что, несмотря на наличие серьезной научной и практической базы, разные направления природопользования как науки не включены в широкий образовательный процесс, а изучаются только узкими специалистами (экологами, экологами-природопользователями). Они так и остаются самостоятельными научно-практическими направлениями исследований, а их результаты слабо учитываются в процессе разработки и принятия управленческих решений. В 1990-е гг. были попытки внедрить в образовательный процесс на всех уровнях образования эколого-ориентированные дисциплины. Так, в школах и вузах появился предмет экология, в отраслевом менеджменте началась подготовка менеджеров в сфере природопользования. Но отсутствие государственной поддержки в развитии этих образовательных направлений обнулило все начинания. Ранее включенные в образовательный процесс экологические дисциплины сначала были переведены в вариативную часть, а впоследствии и вовсе исключены из образовательных программ. Это привело к текущей ситуации в управленческой среде, а именно практическому отсутствию у руководителей разных хозяйствующих структур элементарных экологических знаний.

Новый интерес к экологическим вопросам и экологическому образованию возник в 2017 г., который Указом Президента РФ от 05.01.2016 г. № 7 был объявлен Годом экологии. В этот год при государственной поддержке было проведено множество различных мероприятий, направленных на экологическое просвещение, формирование экологической культуры, реализацию образовательных экологических программ. Однако год закончился, интерес к экологическому образованию сократился.

Вместе с тем Россия, как и другие страны, реализует стратегию устойчивого развития и принятые в 2015 г. Генеральной ассамблеей ООН [4] 17 целей устойчивого развития (ЦУР). Как отмечается в Гражданском обзоре о реализации ЦУР в России 2020–2030 [5], Россия еще находится в самом начале пути по достижению целей устойчивого развития. Сдерживает темпы отсутствие массовой системы экологического образования и просвещения. Достижение целей возможно только при системной экологической подготовке управленческих кадров во всех сферах народного хозяйства, внедрении дисциплин экологической тематики в дошкольные и школьные образовательные учреждения, а также в систему высшего образования, причем для студентов всех направлений подготовки, а не только по направлению «Менеджмент». Частично решению проблемы способствует подготовка специалистов по направлениям экологической тематики («Экология и природопользование», «Техносферная безопасность», «Природообустройство и водопользование» и др.), но в этом направлении мы не особенно продвинулись.

Анализ текущей ситуации по количеству студентов, поступивших на направления экологической тематики, показывает положительную динамику, однако доля студентов, поступивших на такие направления, не достигает даже 0,05 % от общего количества студентов (рис. 1). А это значит, что задача внедрения экологического образования в вузах даже не стоит на повестке дня.

В то же время наблюдается небольшой рост в количестве выделяемых бюджетных мест по образовательным программам экологической направленности и сокращение количества договоров об оказании платных услуг (рис. 2). Снижение количества студентов, обучающихся по договорам платных образовательных услуг, может являться косвенным показателем снижения интереса к получению образования экологической направленности.

Не лучше обстоят дела с повышением квалификации и переподготовкой специалистов по экологическим направлениям.

Статистические сведения о повышении квалификации и переподготовке специалистов по программам экологической тематики отражены в отчетности фрагментарно. Сведения о доле образовательных программ экологической тематики по повышению квалификации представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что доля программ по повышению квалификации по экологической тематике в общем числе программ не превышает и 3 %, по программам переподготовки эта доля менее 2 %, что может служить показателем отсутствия интереса к получению дополнительного экологического образования со стороны специалистов. Большая доля работников предприятий и организаций в числе слушателей программ повышения квалификации и переподготовки связана скорее с требованиями работодателей о необходимости повысить квалификацию или пройти переподготовку, в том числе в связи с введением профессиональных стандартов.



Рис. 1. Доля студентов экологических направлений в общем числе студентов РФ [6]



Рис. 2. Доля студентов экологических направлений по форме оплаты за обучение [6]

Повышение квалификации и переподготовка по направлениям
экологической тематики [7]

Показатель	Годы		
	2016	2017	2018
Число программ повышения квалификации (ПК), всего, шт.	19 046	155 527	200 096
доля программ ПК экологической направленности, %	13,3	2,1	2,0
число лиц, обученных на программах повышения квалификации, всего чел.	4 183 750	5 331 943	5 340 527
доля лиц, обученных на программах ПК экологической направленности	5,1	5,2	5,4
из них доля педагогических работников, прошедших ПК экологической направленности	4,8	6,0	10,0
доля работников предприятий и организаций, прошедших ПК экологической направленности	87,8	87,8	84,3
Число программ профессиональной переподготовки (ПП), всего, шт.	45 250	44 733	44 631
доля программ ПП экологической направленности, %	1,5	1,5	1,7
число лиц, обученных на программах профессиональной переподготовки, всего чел.	526 171	632 236	684 166
доля лиц, обученных на программах ПП экологической направленности, %	2,2	2,0	1,7
из них доля педагогических работников, прошедших ПП экологической направленности, %	4,0	5,1	4,1
доля работников предприятий и организаций, прошедших ПП экологической направленности	80,1	83,1	82,7

Отмечается и незначительное количество педагогических работников, прошедших переподготовку и повышение квалификации, что также говорит не только об отсутствии заинтересованности в обучении самих педагогических работников, но и о том, что в образовательной среде не хватает специалистов, способных на профессиональном уровне донести до обучающихся всех уровней образования экологические знания, умения и навыки.

В то же время нельзя не отметить, что вопросы экологической грамотности и гармоничного взаимоотношения человека и природы вызывают определенный интерес. Так, в мае и декабре 2021 г. Управлением дополнительного образования Новосибирского государственного университета экономики и управления «НИНХ» были организованы курсы повышения квалификации «Экологические знания доступны каждому!» для педагогов дошкольного образования и учителей школ.

Программа курсов включала юридические аспекты природопользования и охраны окружающей среды, экономические аспекты обращения, раздельного сбора и переработки ТКО, вопросы значимости экологического образования и просвещения для детей дошкольного и школьного возраста, преимущественности такого образования, а также методические разработки для воспитателей дошкольных учреждений и учителей школ для проведения конкретных экологических уроков и занятий. По итогу прохождения курсов все слушатели оформили и защитили экологические проекты.

При размещении информации о проведении курсов организаторы опасались, что не наберут минимального числа слушателей. Однако опасения были напрасными. В мае 2021 г. заявку на участие в курсах подали 126 чел., закончили обучение 65, в декабре 2021 г. поступило 174 заявки, закончили обучение 80 человек. Слушатели проявили активный интерес и участие в процессе обучения, а онлайн-формат обучения позволил многим обучающимся из районов Новосибирской области получить необходимые экологические знания дистанционно.

Нужно отметить, что участники в текущей деятельности и раньше интересовались вопросами экологического просвещения и образования и проводили соответствующие мероприятия со своими учениками. Все участники в процессе опроса по окончании курсов подтвердили

необходимость организации и проведения таких образовательных проектов, обозначили дефицит необходимых методических материалов и потребность в дальнейшем повышении квалификации по экологической тематике.

Проведенный опрос среди педагогов, слушателей курсов повышения квалификации «Экологические знания доступны каждому!», подтвердил гипотезу о необходимости системного экологического образования и просвещения, начиная с дошкольников, заканчивая представителями пенсионного возраста. Дети, участвующие в мероприятиях экологического образования и просвещения, особенно в сельской местности, активно вовлекают в процессы раздельного сбора ТКО, проведения лесопосадок, озеленения и уборки территорий родителей и других взрослых.

Через экологическое образование детей реализуется вовлечение в экологическое просвещение представителей населения всех возрастных категорий. При таком подходе внедрение в образовательный процесс всех уровней обучения дисциплин экологической, природопользовательской и природоохранной тематики не будет встречать отторжения у обучающихся. Напротив, будет понятно, зачем нужно изучать экологию, рациональное природопользование и охрану природы, поточное экологическое образование позволит рано или поздно сформировать экологическую культуру, реализовать цели устойчивого развития.

Заключение

Несмотря на длительный период развития экологического образования в нашей стране, общий уровень экологической грамотности остается низким. Отсутствие экологических знаний у управленцев, в том числе у управленцев предприятий природопользования, не позволяет реализовывать рациональное природопользование и сдерживает достижение целей устойчивого развития в России. Решением вопроса должно стать расширение экологического образования на всех образовательных уровнях – от дошкольного образования до образования в вузах. Важную роль в таком процессе играет последовательное экологическое образование на всех уровнях в целях углубления экологических знаний, формирования экологической грамотности, а в пределе – экологической культуры на основе современных знаний в экологии, природопользовании и охраны природы.

Список литературы

1. Вишняков Я.Д., Авраменко А.А., Бурцева А.С. Экологические аспекты подготовки менеджеров по устойчивому развитию // *Экология и промышленность России*. 2007. № 4. С. 52–53.
2. Вишняков Я.Д., Киселева С.П. Развитие эколого-ориентированного управленческого образования в России // *Вестник Университета государственного управления*. 2015. № 12. С. 284–293.
3. Алексеев С.В. Образование, которое мы хотим: размышления о реализации экологической модели образования // *Лучшие практики экологического образования в интересах устойчивого развития: материалы Межрегиональной научно-практической конференции* / Отв. ред. С.В. Алексеев, Э.В. Гущина, Л.И. Гущина (Санкт-Петербург, 1–4 ноября 2017 г.). СПб.: «Крисмас+», 2017. С. 4–10.
4. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 22.03.2022).
5. Гражданский обзор о реализации ЦУР в России 2020–2030: десятилетие действий ЦУР. Вызовы и решения. [Электронный ресурс]. URL: <http://kurs2030.ru/report2020> (дата обращения: 22.03.2022).
6. Открытые данные Минобрнауки России: Сведения об организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования, в разрезе ФОИВ. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minobrnauki.gov.ru/opendata/9710062939-svedeniya-ob-organizatsiyakh-osushchestvlyayushchikh-obrazovatelnyuyudeyatelnost-po-obrazovatelnyim-p/meta.xml> (дата обращения: 23.03.2022).
7. Открытые данные Минобрнауки России Сведения о численности слушателей программ дополнительного профессионального образования. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minobrnauki.gov.ru/opendata/9710062939-svedeniya-o-chislennosti-slushateley-programm-dopolnitelnogo-professionalnogo-obrazovaniya/meta.xml> (дата обращения: 23.03.2022).

УДК 91:303.725:57.04(571.56)

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Лозовская С.А., Косолапов А.Б., Степанько Н.Г.

ФГБУ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: sngreg25@mail.ru

Разнообразные сочетания факторов окружающей среды отдельных районов арктической зоны Республики Саха (Якутия) формируют всевозможные спектры и уровни территориальных различий в структуре и уровне адаптации населения к факторам среды, заболеваемости, смертности. Все это является основанием для использования системного подхода для оценки существующего общественного здоровья, а также его прогнозирования для населения северных территорий. В связи с отсутствием в настоящее время комплексной оценки процессов адаптации населения Арктической зоны России к изменяющимся условиям внешней среды и надежных критериев, определяющих состояние здоровья северной популяции людей, предложена концептуальная модель адаптации населения к различным факторам среды и формирования уровней здоровья местных жителей. Изучение отдельных составляющих предлагаемой модели дает возможность вариаций связей в системе «популяция – окружающая среда». Проанализированы статистические материалы, результаты анкетного опроса населения и экспериментальные данные по эколого-географической, нозологической обстановке и показателям адаптации групп населения в некоторых административных образованиях северных районов Арктической зоны Республики Саха (Якутия). В целом, как показал анализ, природные, экологические и социально-экономические условия Арктической зоны Якутии весьма неоднородны. Наблюдается значительная территориальная дифференциация распространения отдельных факторов риска заболеваний населения по районам, что предопределяет значительные территориальные различия в уровнях здоровья населения различных улусов. Прогнозируя возможное течение различных заболеваний, формирующих региональные и локальные уровни здоровья населения, необходимо учитывать территориальные особенности сочетаний факторов среды, которые могут привести как к усилению, так и к ослаблению воздействия комплекса факторов на адаптацию местного населения к условиям среды обитания.

Ключевые слова: Арктическая территория, Республика Саха (Якутия), факторы окружающей среды, адаптация населения, общественное здоровье, экологическая ситуация

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL OF POPULATION ADAPTATION FORMATION ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Lozovskaya S.A., Kosolapov A.B., Stepanko N.G.

Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, e-mail: sngreg25@mail.ru

Various combinations of environmental factors in certain regions of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) form all kinds of spectra and levels of territorial differences in the structure and level of adaptation of the population to environmental factors, morbidity, and mortality. All this is the basis for using a systematic approach to assess the existing public health, as well as its prediction for the population of the northern territories. Due to the current lack of a comprehensive assessment of the processes of adaptation of the population of the Arctic zone of Russia to changing environmental conditions and reliable criteria that determine the state of health of the northern population of people, a conceptual model of adaptation of the population to various environmental factors and the formation of health levels of local residents is proposed. The study of the individual components of the proposed model makes it possible to vary the relationships in the “population-environment” system. Statistical materials, the results of a questionnaire survey of the population and experimental data on the ecological-geographical, nosological situation and indicators of adaptation of population groups in some administrative formations of the northern regions of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) are analyzed. In general, as the analysis showed, the natural, ecological and socio-economic conditions of the Arctic zone of Yakutia are very heterogeneous. There is a significant territorial differentiation in the distribution of individual risk factors for diseases of the population by district, which predetermines significant territorial differences in the levels of health of the population of various uluses. Predicting the possible course of various diseases that form regional and local levels of public health, it is necessary to take into account the territorial features of combinations of environmental factors, which can lead to both strengthening and weakening of the impact of a complex of factors on the adaptation of the local population to environmental conditions.

Keywords: Arctic territory, Republic of Sakha (Yakutia), environmental factors, population adaptation, public health, ecological situation

Территория арктических районов (улусов) Республики Саха (Якутия) представляет обширную область Восточной Арктики России (ВАР). Она расположена севернее зоны экологического оптимума, частью

в Заполярье, обладает высокой уязвимостью к антропогенным воздействиям и дискомфортна для проживания населения [1]. Успешное освоение ВАР, которое будет сопровождаться активным и разнообраз-

ным природопользованием и негативным воздействием на окружающую среду (ОС) повлечет за собой нежелательные изменения в состоянии здоровья и адаптационных процессов коренного и пришлого населения в изменяющихся условиях внешней среды.

Происходящие сегодня разнообразные перемены на северных территориях проживания населения ВАР требуют всесторонней оценки как на локальном уровне, так и на уровне региона в целом, их природных, антропогенных, социально-экономических особенностей, что создает определенные проблемы из-за больших площадей и низкой заселенности территории, в силу многообразия ее природных, антропогенных, социально-экономических, этнических, инфраструктурных, социальных объектов, транспортно-логистических и иных особенностей. В настоящее время все еще недостаточно проанализированы и рассмотрены вопросы форм адаптации к происходящим природным, экологическим и социально-экономическим изменениям территории. Практически все вышеуказанные факторы и процессы исследуемой территории имеют значительно дифференцированную пространственную выраженность, что также недостаточно изучено.

Начало XXI в. характеризуется стремлением исследователей к целостному, интегральному, междисциплинарному исследованию человека и способов взаимоотношений его со средой [2, 3]. Поэтому актуальность изучения вопросов адаптации человека к реальным условиям проживания в Арктике в настоящее время резко возросла. А вопросы экспресс-диагностики напряженности адаптационных процессов, количественной оценки эффективности адаптации человека к окружающей среде стали интересовать не только медиков, но и экологов, географов, психологов и экономистов. Изучение особенностей адаптации жителей экологически неблагоприятных территорий сегодня становится важной составной частью экологического мониторинга, а типирование адаптивных портретов жителей рассматривается как одна из актуальных задач медицинской географии [4].

В связи с неблагоприятной медико-экологической обстановкой в районах ВАР и планируемым развитием территориально-хозяйственных структур на территории Республики Саха (Якутия), глобальные климатические, экологические, социально-экономические изменения в окружающей среде региона требуют комплексной оцен-

ки как его отдельных районов, так и региона в целом. Все это является основанием для использования системного подхода для оценки существующего общественного здоровья, а также его прогнозирования для населения северных территорий. Поэтому исследования в области построения концептуальной (информационной) модели формирования адаптации и здоровья населения в районах Якутии в настоящее время являются весьма актуальными.

Целью работы стали анализ и выбор методических подходов, их составляющих для формирования концептуальной модели по оценке адаптации и общественного здоровья населения в арктических районах Саха (Якутия) на различных иерархических уровнях.

Материалы и методы исследования

В основе разработки предлагаемой модели лежит изучение и анализ научных, статистических и справочных источников. Кроме этого использовались результаты полевых исследований авторов. Анализировалась информация Минприроды, Росстата, региональных органов Госстатистики, интернет-ресурсов о социально-экономической и экологической ситуациях на исследуемой территории. В процессе исследования использовались: системный подход, картографический метод, а также методики зонирования и районирования. Наряду с вышеизложенным был применен метод «РОФЭС-диагностики» с использованием аппаратного прибора. В районах, выделенных как «экологически неблагоприятные», использованы методы анкетирования и социопроса.

При разработке «Концептуальной модели формирования адаптации и здоровья населения» использованы исследования и методы ряда авторов [5, 6]. Для исследования эколого-экономической составляющей модели предложен метод оценки производственно-природных отношений на основе ресурсной концепции по трем интегральным показателям: загрязнению водных ресурсов, атмосферного воздуха, нарушению и загрязнению земель.

Результаты исследования и их обсуждение

Методология оценки индивидуального здоровья и уровня адаптации населения, проживающего на различных территориях ВАР, сложна в связи с тем, что необходим учет множества разнообразных факторов –

условий проживания, которые носят как существующий на момент обследования, так и долговременный характер. Данное исследование предполагает учет разнообразных и разнонаправленных составляющих за значительный период времени. Начальный этап – это формирование концепции создания модели определения адаптационных свойств населения выбранной арктической территории Дальнего Востока с учетом связей и реакциями на состояние окружающей среды.

Климатические и антропоэкологические изменения мест проживания населения ВАР, происходящие в настоящее время, требуют всестороннего исследования как на региональном, так и на локальном уровнях. Вопросам изучения особенностей проживания населения на арктических территориях посвящено значительное количество научных работ [7–10], а научные медико-географические исследования встречаются крайне редко. Комплексная оценка процессов адаптации населения ВАР к изменяющимся факторам среды отсутствует, что не позволяет в полной мере сформулировать цельное представление о количественной и качественной изменчивости адаптационного профиля населения северных территорий

и не может быть положено в основу рекомендаций по применению адекватных методов повышения медико-биологической, психологической и социальной устойчивости северян.

Таким образом, отсутствие надежных критериев, определяющих состояние адаптационного потенциала и здоровья популяции, а также региональные и локальные особенности среды обитания населения Восточной Арктики обусловили необходимость создания концептуальной модели адаптации населения к факторам среды и формирования уровней здоровья местных жителей (рис. 1). В основе построения концептуальной модели формирования адаптации и здоровья населения в районах Восточной Арктики положено следующее определение: «Концептуальная модель – это структура моделируемой системы, модель предметной области, состоящей из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для ее описания, и причинно-следственные связи, присущие системе и существенные для достижения цели моделирования вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней» [5, 6].

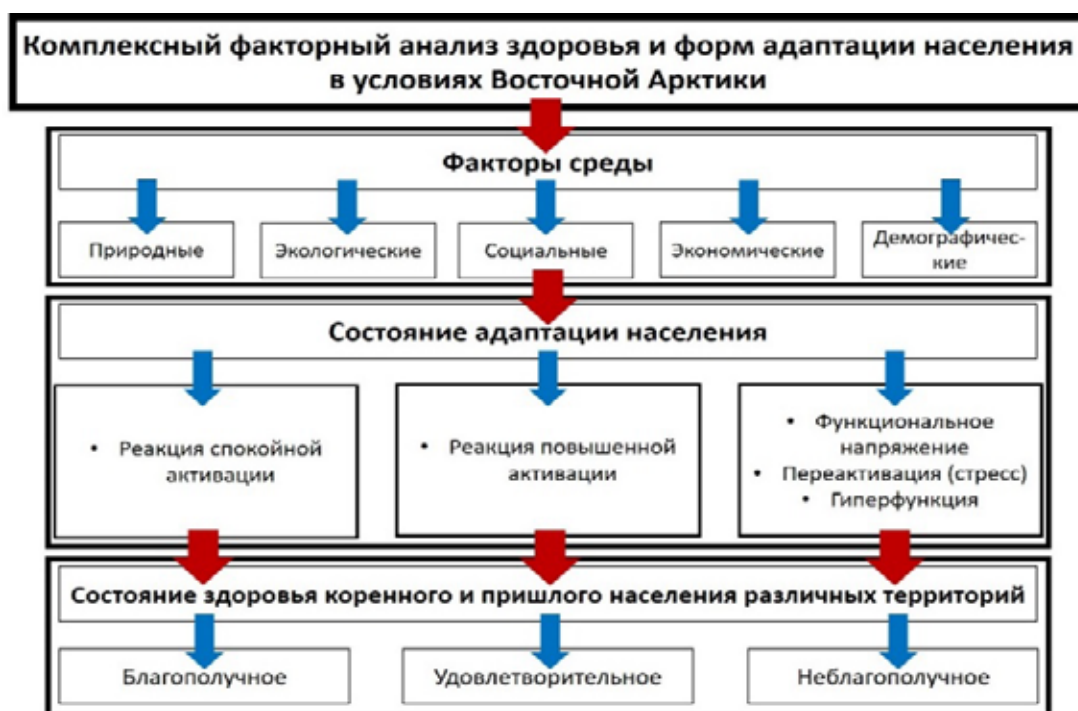


Рис. 1. Концептуальная модель комплексного факторного анализа здоровья и адаптации населения к условиям проживания на территории ВАР

При разработке модели исследования использованы два взаимозависимых источника информации о процессах адаптации человека к условиям Севера:

1) регистрируемые количественные индикаторы общественного и индивидуального здоровья населения;

2) фундаментальные разработки нейрофизиологии – теории стресса и общего адаптационного синдрома г. Селье в современной интерпретации [7].

Образ жизни населения выступает здесь как интегральный фактор, определяющий развитие общественного здоровья, направленного на повышение «жизненного потенциала» общества. Получение практической информации об адаптивных реакциях отдельных личностей и ее объединение в статистически однородные группы позволило ввести в научный оборот категорию «адаптивного потенциала» (АП), учитывающего гендерную, возрастную, территориальную, профессиональную, социальную или иную группировку населения [8].

Понятие АП применительно к населению различных территорий понимается нами как динамическое соответствие разной степени устойчивости медико-биологических параметров организма индивидов и совокупности неблагоприятных факторов природно-социального окружения.

Состояние здоровья населения (в том числе его адаптация) является косвенным показателем и критерием качества окружающей среды, связующим звеном в системе «человеческих факторов», с одной стороны, и природных и социальных характеристик территории – с другой.

Понятие адаптации в рамках комплексного медико-географического и социально-гигиенического исследования предполагает интеграцию биологических характеристик, факторов природной и социальной среды, образа жизни, медицинского обслуживания. Это дает нам возможность сформулировать определение общественного здоровья, в отличие от общепринятого, в следующем виде: Здоровье населения – это состояние полного социально-биологического и психического благополучия при уравниваемости адаптационных процессов с природными и социальными характеристиками территории (Методические подходы к оценке [9]).

Представленная модель включает три блока показателей (рис. 1):

блок 1 – факторы окружающей среды,

блок 2 – состояние адаптации населения,

блок 3 – состояние общественного здоровья.

В первом блоке модели перечислены основные анализируемые группы факторов внешней среды, формирующие второй блок форм и уровней адаптации населения и ведущие к приспособлению организма человека к условиям среды или к срыву адаптации и развитию патологических процессов (заболеваний). В последние годы возрастает (особенно на северных территориях) скорость процессов адаптации как пришлого, так и местного населения к меняющимся климатическим, экологическим, социально-экономическим условиям проживания.

Основными экологическими проблемами Якутии, как и многих нефте- и газодержащих территорий [10, 11], являются загрязнение атмосферы и водных ресурсов выбросами промышленных предприятий и ЖКХ. Так, показатель суммарного загрязнения территории – один из факторов, ограничивающий хозяйственную деятельность и влияющий на здоровье населения (рис. 2).

Иммунологические нарушения здоровья жителей улусов, расположенных на берегах рек, в которые поступают сбросы отходов промышленных предприятий (золотодобыча и алмазодобыча) и предприятий ЖКХ, способствуют росту заболеваемости по широкому спектру нозологических форм, включая туберкулез, онкологическую патологию, аллергии, атеросклеротические изменения [1, 12]. Для оценки длительного воздействия на организм неблагоприятных факторов малой интенсивности нами в схему введена совокупность весьма чувствительных «антропометрических показателей»: физического развития детей, неспецифического иммунитета, содержания микроэлементов, в том числе тяжелых металлов в биологических тканях организма.

Блок 2 методологического подхода «Состояние адаптации населения» включает исследование уровней адаптации, адаптационный потенциал отдельных групп населения (местного и пришлого) различных территорий и включает показатели преимущественно популяционных (групповых) оценок адаптационных реакций населения Севера в ответ на воздействие неблагоприятных факторов среды.

Количественные и качественные характеристики процессов адаптации населения некоторых районов Якутии получены с помощью метода экспресс-диагностики – «РОФЭС®-диагностики» (рис. 3, таблица).

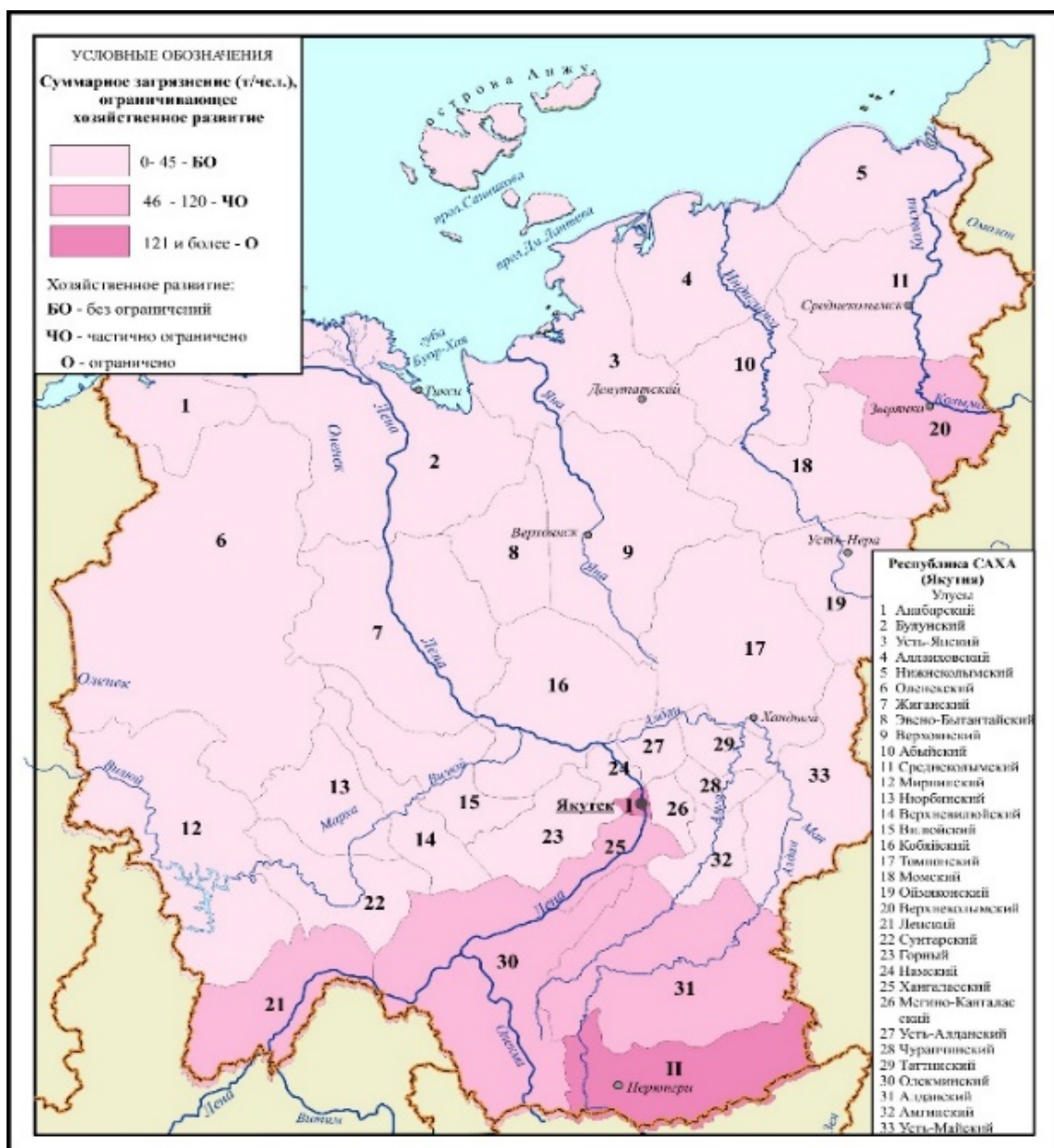


Рис. 2. Суммарное загрязнение в районах Саха (Якутия)

Адаптационные реакции (физиологические) у коренного и пришлого населения,
проживающего в некоторых районах Республики Саха (Якутия)
(в процентах к общему числу дезадаптационных признаков здоровья населения по району)

Адаптационная реакция	Якутск		Намский улус		Тикси	
	коренное	пришлые	коренное	пришлые	коренное	пришлые
Спокойная активация	58,2±4,7	29,8±3,4	72,3±3,9	31,6±2,4	38,3±4,6	32,4±4,4
Повышенная активация	11,5±3,5	52,4±2,6	21,5±4,1	44,6±3,7	53,2±3,9	62,5±3,5
Функциональное напряжение	30,3±2,1	17,8±1,9	6,2±1,3	23,8±2,4	8,5±2,3	5,1±2,9

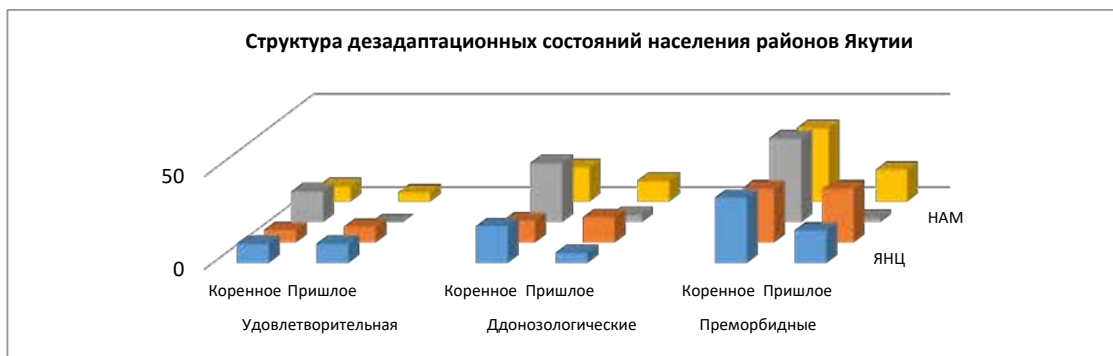


Рис. 3. Психоэмоциональные нарушения здоровья некоторых групп населения отдельных районов Якутии (в процентах к общему числу дезадаптационных признаков здоровья населения по району): ЯНЦ – Якутский научный центр; Птиц. – птицефабрика (Якутск); Нам – Намский улус; Тикси – п. Тикси

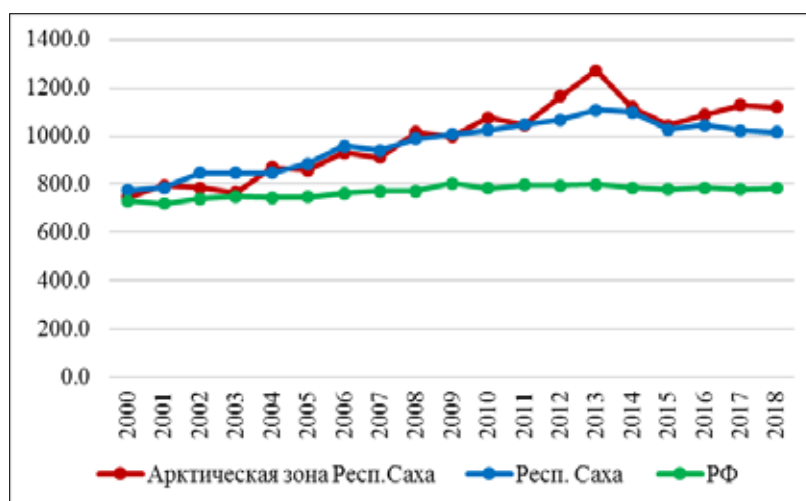


Рис. 4. Динамика заболеваемости населения Арктической зоны Якутии в сравнении с общереспубликанским и общероссийским показателями в 2000–2018 гг. (всего случаев на 1000 чел. населения)

Уровень адаптационных возможностей организма, включающий гомеостаз, функциональные резервы организма и степень напряжения регуляторных механизмов, является интегральной характеристикой состояния здоровья человека.

Популяционный уровень адаптации населения в блоке 3 изучен косвенными методами, статистическим и картографическим, с использованием некоторых демографических показателей, уровней соматической и инфекционной заболеваемости населения (рис. 4).

Покомпонентный анализ различных вариантов функционирования модели позволяет выявлять неизвестные ранее особенности взаимосвязей в системе «популя-

ция – окружающая среда». Модель является саморегулирующейся, учитывает любые возможные сочетания факторов и может быть дифференцирована по национальной и производственной принадлежности, возрасту, полу и другим признакам.

Кроме того, для выборочной самооценки здоровья населения, изучения влияния на адаптацию социально-психологических особенностей образа жизни (привычек, обычаев людей), их отношения к курению, алкоголю, режиму питания, физической активности проводилось анкетное обследование населения.

Анкетированием достигается строгая территориальная приуроченность едини-

цы наблюдения. Это способствует выявлению новых, неизвестных ранее, природных и социальных факторов риска отдельных заболеваний, в том числе с учетом влияния на состояние адаптации такого чрезвычайного фактора, как высокая миграция.

Заключение

Предложенная концептуальная модель оценки адаптации населения Восточной Арктики к экстремальным факторам среды включает следующие особенности: 1) учет влияния факторов окружающей среды на возможно более широкий диапазон показателей здоровья населения; 2) оценка состояния здоровья как территориальных групп населения в целом, так и подгрупп, различающихся своим отношением к условиям внешней среды; 3) изучение территории «снизу», от элементарных ячеек, которые разделяются и объединяются только по тем географическим характеристикам, которые тесно связаны с медико-биологическими явлениями.

Данный методический подход к изучению процессов адаптации населения, проживающего на Севере, включает: 1) анализ современной пространственной организации народонаселения и хозяйственных структур, транспортной инфраструктуры, медико-социальной сферы, экологического состояния территорий Восточной Арктики; природных факторов, 2) выявление «проблемных участков» в этих сферах с учетом тенденций в изменении среды (природной, геополитической, социально-экономической); 3) разработку индикаторов и показателей оценки происходящих изменений и уровней адаптации групп населения к пространственной дифференциации в медико-социальной и экологической сфере; 4) разработку схемы пространственной организации социо-эколого-экономической среды Арктической зоны, включающей формирование опорных,

тыловых баз пространственного развития, трасс освоения и пр.

Список литературы

1. Захарова Р.Н., Федоров А.И., Слепцова С.С., Подойницына И.И., Михайлова А.В., Балтахинова М.Е. Качество жизни населения трудоспособного возраста Восточной экономической зоны Якутии // Якутский медицинский журнал. 2018. № 1. С. 44–46.
2. Контарь В.А. Природопользование. Анализ виновности официальной науки в трагичности судьбы нашей обманутой цивилизации. Серия «Контарианство». Т. 10. М.: ЭДИТУС, 2019. 943 с.
3. Ильясов Ф.Н. Репрезентативность результатов опроса в маркетинговом исследовании // Социальные исследования. 2016. № 2. С. 49–59.
4. Талалаева Г.В., Корнюхин А.И. «РОФЭС»-диагностика для целей экологического мониторинга. Практическое руководство по применению комплекса «РОФЭС» для врачей, психологов и экологов. Екатеринбург, 2014. 137 с.
5. Галактионов А.И. Проектирование средств информационного взаимодействия на основе идеализированных структур деятельности // Психологические проблемы взаимной адаптации человека и машины в системах управления. М.: Наука, 1978. С. 180–198.
6. Welford A.T. On the human demands of automation: Mental work conceptual model, satisfaction and training. *Industrial and business psychology*. 1961. Vol. 5. P. 182–193.
7. Апчел В.Я., Лымаренко В.М., Павлова Н.В., Леонтьев О.В. Исторические аспекты изучения проблемы стресса // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2012. № 4 (40). С. 255–260.
8. Казначеев В.П. Экология человека на крайнем Севере. Новосибирск: Наука, 1985. 208 с.
9. Косолапов А.Б., Лозовская С.А., Изергина Е.В., Цицашвили Г.Ш., Веремчук Л.В., Виткина Т.И., Минеева Е.Е., Сидлецкая К.А., Голохваст К.С. Методические подходы к оценке здоровья населения регионов Дальнего Востока России // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2019. № 3 (79). С. 14–21.
10. Davies W., Van Alstine, Lovett J.C. Frame Conflicts' in Natural Resource Use: Exploring Framings Around Arctic Off-shore Petroleum Using Q-Methodology. *Environmental Policy and Governance*. 2015. Vol. 26. Iss. 6. P. 482–497.
11. Manucci P.M., Franchini M. Health effects of ambient air pollution in developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017. Vol. 14. P. 1048.
12. Иванова А.А., Потапов А.Ф., Какорина Е.П. Преждевременная смертность населения республики Саха (Якутия) от внешних причин // Якутский медицинский журнал. 2015. № 1. С. 76–79.

УДК 502.5(571.150)

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ БИРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Мареев И.А., Шахринова Н.В., Рябова Т.Г.

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

Федеральный закон нашей страны относит особо охраняемые природные территории к объектам национального достояния государства, так как данные природные комплексы несут в себе много положительных для людей качеств, как в практических, так и духовно-ментальных смыслах. Например, они способны оказывать благотворное влияние в восстановлении здоровья человека. Но главнейшая из функций – это, естественно, природоохранная. Из числа примечательных объектов среди особо охраняемых природных земель Бирского района Республики Башкортостан можно выделить памятники природы как самые массовые. Имеются ботанические, дендрологические, комплексные и гидрологические памятники природы. Выдающиеся и ценные в природоохранном, академическом, культурном, эстетическом аспектах, природные комплексы региона выполняют важнейшие функции. Они обеспечивают ландшафтное и биологическое разнообразие, а также способствуют экологическому равновесию. При изучении дисциплины «Особо охраняемые природные территории» в Бирском филиале БашГУ во время учебной практики студенты активно посещают и изучают территории памятников природы, что способствует повышению экологической грамотности, развитию экологической культуры молодежи и формированию бережного отношения к природе. Особое внимание уделяется очистке данных территорий от мусора во время активного посещения туристами. Уникальный сосновый бор, самый восточный в Республике Башкортостан (возраст сосен достигает двухсот лет), притягивает прохладой реки Юланды. Кроме памятников природы в северной части на стыке Бирского и Бураевского районов располагается государственный природный зоологический заказник. А Детский дендрологический парк «Берендей» – это уникальный памятник природы, ибо других дендрологических парков в Республике Башкортостан нет.

Ключевые слова: Бирский район, охраняемые природные территории, дендрологический парк, памятники природы, заказник

SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF THE BIRSK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Mareev I.A., Shakhrianova N.V., Ryabova T.G.

Birsk branch of Bashkir State University, Birsk, e-mail: ivanmareev@mail.ru

The federal law of our country refers specially protected natural areas to the objects of national patrimony of the state. Since these natural complexes have many positive qualities for people, both in practical and spiritual-mental senses. For example, they can have a beneficial effect in restoring human health. But the most important of them is naturally in the nature preservation part. From the number of remarkable objects among the specially protected natural lands of the Birsk district of the Republic of Bashkortostan can be distinguished natural monuments, as the most massive. There are botanical, dendrological, complex and hydrological natural monuments. Outstanding and valuable in environmental, academic, cultural, aesthetic aspects of the natural complexes of the region and perform essential functions. Mainly provide landscape and biological diversity, as well as contribute to the ecological balance. While studying the discipline “Specially Protected Natural Areas” in Birsk Branch of BashSU during the educational practice students actively visit and study the natural monuments, which helps to increase environmental literacy, develop ecological culture of the youth and form caring attitude towards nature. A special attention is paid to cleaning these territories from garbage during active tourist visits. A unique pine forest, the easternmost in the Republic of Bashkortostan (the age of the pines reaches two hundred years), attracts the coolness of the river Yulandy. In addition to natural monuments in the northern part at the junction of Birsky and Burayevsky districts there is a state natural zoological reserve. And the Children’s dendrological park “Berendei” is a unique natural monument, because there are no other dendrological parks in the Republic of Bashkortostan.

Keywords: Birsky district, protected natural areas, nature reserve, natural monuments, arboretum park

Формирование охраняемых природных территорий – эффективный способ восстановления и сохранения естественной природной среды. Они поддерживают экологический баланс местности, содействуют сохранению биологического и ландшафтного многообразия. Выполняют дополнительные функции, такие как просветительно-познавательная, научно-исследовательская. Данные территории способны преобразовываться, утрачивая собственную изначальную важность. По этой причине имеется

потребность время от времени осуществлять оценку их состояния.

Федеральный закон государства РФ «Об особо охраняемых природных территориях» определяет преимущество в сохранении редких и характерных для данной местности природных комплексов, объектов зоологического и растительного мира, их генетического фонда, исследования естественных процессов в биосфере, в том числе мониторинга перемен её состояния [1].

Целью работы является исследование экологического состояния памятников природы, которые находятся на территории Бирского района Республики Башкортостан.

Материалы и методы исследования

В работе использованы разные методы исследования, в том числе физико-географический, геоботанический и картографический методы обработки и обобщения собранного материала, характеризующего экологическое состояние памятников природы. В статье проанализированы научные сведения из открытых публикаций, а также используется материал, исследованный и дополненный во время проведения учебных практик при Бирском филиале БашГУ.

Результаты исследования и их обсуждение

Местность Бирского района примечательна природным разнообразием. Здесь

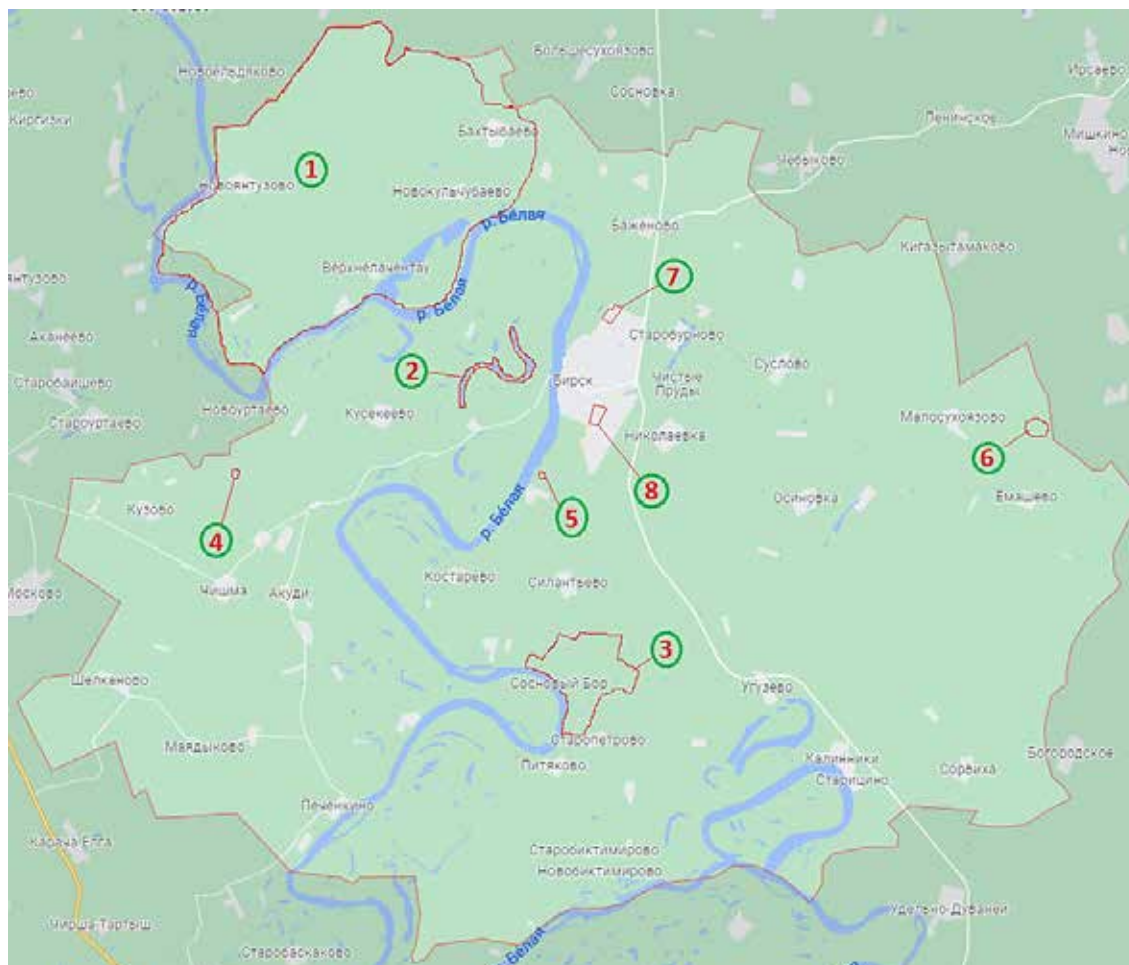
много интересных объектов дикой природы. Преимущественно особо охраняемые природные территории презентованы двумя разными категориями – это памятники природы и заказник [2].

Основные характеристики их даны в таблице. Карта-схема расположения на территории Бирского района представлена на рисунке.

Памятники природы, как одни из самых многочисленных достопримечательностей города Бирска и Бирского района, выполняют множество функций: они обеспечивают биоразнообразие среды, создают уникальный ландшафт, сохраняют редкие виды животных и растений, удерживают равновесие в экологии, а также имеют высокую туристическую и рекреационную ценность. Большинство из них уникальны в масштабах региона, имеют статус регионального значения, а также имеют особую ценность на местном уровне [3].

Основные характеристики ООПТ регионального значения на территории Бирского района

№ п/п	Название	Дата основания	Категория, значение и профиль	Площадь, га	Объекты охраны
1	Государственный природный заказник «Бирский»	1967	Государственный природный зоологический заказник регионального значения	20642,0	Популяции охотничье-промысловых животных. Местообитания редких видов животных (орлан-белохвост)
2	Озеро Шамсутдин	1965	Комплексный памятник природы регионального значения	320	Популяции редких видов растений (кубышка малая, водоросль гетеропедия простая) и животных (скопа, орлан-белохвост)
3	Сосновый бор у Бирского дома отдыха	1965	Ботанический памятник природы регионального значения	21,9	Реликтовые сообщества сосновых и широколиственно-сосновых лесов
4	Группа кедров в бывшей деревне Андреевке	1965	Ботанический памятник природы регионального значения	0,25	Посадки кедра сибирского
5	Бирские минеральные источники	1965	Гидрогеологический памятник природы регионального значения	0,4	Минеральные источники
6	Уржумские минеральные источники	1965	Гидрогеологический памятник природы регионального значения	0,2	Минеральные источники
7	Дендропарк Бирского филиала БашГУ	1975	Ботанический памятник природы регионального значения	3,0	Растения, внесенные в Красные книги РБ и России
8	Детский дендрологический парк «Берендей»	1995	Ботанический памятник природы регионального значения	3,5	Редкие и экзотические растения



Карта-схема памятников природы Бирского района (масштаб 1:500000).

- 1 – государственный природный заказник «Бирский»; 2 – озеро Шамсутдин;
3 – сосновый бор у Бирского дома отдыха; 4 – группа кедров в бывшей д. Андреевка;
5 – Бирские минеральные источники; 6 – Уржумовские минеральные источники;
7 – дендропарк Бирского филиала БашГУ; 8 – детский дендрологический парк «Берендей»*

В Бирском районе насчитывается приблизительно пятьдесят озер. В основном это старицы – долинные озера, возникшие в участке оставленного рекой русла, которые также имеют форму полумесяца, бычьих рогов либо вытянутую форму. Заливные озера в большой паводок соединяются с рекой, а также пополняются весенними водами. Характерной чертой данных озер считаются низкие пологие берега, маленькие глубины, илистый грунт, зарастание вышшими водными растениями [4]. Наиболее известное и любимое озеро Бирского района – это *озеро Шамсутдин*, памятник природы регионального значения. Оно расположено на левом берегу р. Белой в 3 км от г. Бирска [5]. Водоём имеет необыкновенную для озер S-образную форму, что отраже-

но на рисунке [5]. Озеро питают грунтовые родники, которым свойственно со временем засоряться, и количество воды в озере становится все более зависимым от атмосферных осадков. Лесная растительность представлена дубово-вязовыми ассоциациями. Вдоль уреза воды распространены заросли осоки, хвоща топяного, камыша озерного, стрелолиста [5]. Озеро Шамсутдин и его окрестности представляются излюбленным местом развлечений не только для жителей города Бирска и Республики Башкортостан, но и для других регионов России. На берегу озера имеются для этого многочисленные базы отдыха, а также круглогодичный детский оздоровительный лагерь. Озеро имеет эстетическое, научное, природоохранное и рекреационное значение.

Дендропарк Бирского филиала БашГУ в течение длительного времени был уникальным дендропарком в РФ, который был в собственности педагогического университета. Заложен в 1975 г. при содействии студентов университета. Получил 21 июля 2005 г. статус ботанического памятника природы регионального уровня. В Башкирии является самым северным интродукционным пунктом. Коллекция данного дендропарка представляет собой ассортимент из более одной тысячи как экзотических, так и местных видов растений, половину из которых представляют древесно-кустарниковые виды.

В Красные книги Республики Башкирия и Российской Федерации включены около 100 видов растений. На территории парка проходят практические занятия по ботанике, учебные и научные практики студентов биофака Бирского филиала БашГУ. На базе дендрария выполняются различные исследования для дипломных, курсовых работ, магистерских и кандидатских диссертаций, пишутся научные статьи. Дендропарк имеет природоохранное, эстетическое, образовательное, учебно-методическое, научное и эколого-просветительское значение. Он производит саженцы, семена и вегетативный материал для озеленения различных учреждений города. На территории дендропарка проводятся учебные экскурсии [2].

Детский дендрологический парк «Берендей» является единственным дендропарком в Башкирии. Он был заложен учащимися Пономаревской средней школы 18 апреля 1995 г. и в дальнейшем развивался за счёт сил обучающихся местных городских школ и других образовательных учреждений. С 2005 г. является памятником природы республиканского значения [3]. Коллекция парка насчитывает свыше 120 видов растений, в которые входят как местные, так и редкие, экзотические виды растений, это примерно от 20 до 80 видов. Этот памятник природы имеет культурно-просветительское, учебное, опытно-производственное и научное значение. Интродукция древесных растений представляет собой одну из ключевых задач парка. Имеется искусственный водоём с водными растениями и альпийские горки. На территории памятника природы располагается музей «Яблоко», где школьники размещают свои поделки. Ибо яблоко – один из главных брендов города.

Бирские минеральные источники. Группа минеральных источников, в том числе Отерлинский и Соляный ключи, выходит

на поверхность на правом берегу р. Белой, в 4 км от г. Бирска. Солянка, или Соляный ключ, представляет собой наиболее знаменитый источник. Вода минеральных ключей относится к хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевому типу с минерализацией 5,85 г/л. В ключе выявлены окись железа, окись кремния, сероводород, бром и свободная углекислота. Возле родников есть белесоватые налеты поваренной соли, но в пониженных зонах присутствуют отложения грязей, представляющие темную пластичную, также жирную массу. Запасы их составляют более 1700 м³. Однако эта грязевая масса во время половодья сильно разрушается и смывается. За летний же период опять накапливается за счёт смешения соляных вод источников с наносами р. Белой. Минеральные источники и грязи являются целебными. Местные жители использовали и используют грязи для лечения ревматизма, а воду при желудочных заболеваниях. Окрестности минеральных источников очень живописны. Рядом протекает р. Белая. Ее берега покрыты лиственными лесами, которые богаты лесными и степными ягодами [5].

Уржумские минеральные источники. В окрестностях бывшей деревни Уржумовка находятся два минеральных источника. Они расположены на правом берегу р. Чегуды (правый приток р. Бирь). Первое исследование родников проводилось в 1919 г. Родники обладают неповторимыми лечебными качествами и в годы Великой Отечественной войны представляли собой источник соли в окрестности. Температура воды в ключах весь год приблизительно 6 °С больше нуля, по этой причине они не замерзают зимой. Минерализация воды весьма значительная из-за солей хлористого натрия. Территория около источников весьма изысканная: лиственные леса граничат с холмами и возвышенностями [5].

Уникальные и реликтовые *сосновые боры* расположились на песчаных террасах правобережья р. Белой. Имеют статус ботанического памятника природы регионального значения. Площадь составляет 21,9 га [3]. Единичные посадки имеют возраст 180–220 лет. Эти сосняки являются самыми восточными в Республике Башкирия. Типологически их причисляют к редким для республики сложным лесам с лесными типами в подлеске, а также во втором ярусе (карагач, орешник и другие). Травостой образован северными также лесными типами. Изучено было тридцать видов. Богат

здесь и животный мир. Много птиц и представителей млекопитающих. Встречаются лисица красная, ласка, крот, заяц-беляк. По территории соснового бора протекает небольшая речка Юланда, правый приток Белой. Достопримечательность на речке, которой мы рекомендуем придать статус памятника природы республиканского значения, это Юландинский водопад. Высота около 1,5–2 м, ширина 5–6 м. Он относится к ниагарскому типу, то есть ширина потока больше, чем высота падения воды.

Государственный природный заказник «Бирский» занимает четвертое место по площади в республике, создан 25 июля 1967 г. Является зоологическим заказником регионального значения. Он расположен на правобережье р. Белой приблизительно в 6 км к северо-западу от г. Бирска [2].

Основан заказник с целью восстановления, сохранения и воспроизводства ценных в академическом смысле, хозяйстве и общекультурном для человечества видов животных в естественной среде обитания и окружающей их среде, консолидация естественных сообществ и рассредоточение их в другие близкие местности. Заказник «Бирский» является местом обитания как сибирских, так и типично европейских видов животных. Из них 35 видов птиц являются редкими и находятся в Красной книге Республики Башкирия.

Группа кедров (четыре дерева) в бывшей деревне Андреевке являются ботаническим памятником природы регионального значения. Расположены в 7,5 км к юго-западу от с. Кусеево. Они являются одной из старейших искусственных посадок кедра («сосны сибирской») в Республике Башкирия, возраст их оценивается в 102 года. Е.И. Ляпустин посадил кедры, используя целые шишки, на территории собственной усадьбы. Кедровые плодоносцы и могут служить базой семян для размножения кедра.

Закключение

Памятники природы – это неповторимые, значимые в природоохранном, культурном, а также эстетическом отношении сложные природные комплексы, объекты природного и искусственного происхождения [1].

Особо охраняемые природные территории Бирского района составляют базовый потенциал для развития туризма, как экскурсионного, так и рекреационного. Они являются перспективным местом для удовлетворения потребностей людей в оздоровлении и познавательном отдыхе на природе.

ООПТ оказывают весомую поддержку в защите мелких рельефных элементов в давно освоенных регионах. Их научная важность состоит в способности проведения мониторинга состояния окружающей естественной среды и исследовании естественных экосистем и их отдельных частей. Они применяются для осуществления рекреационных, эколого-просветительских (создание и облагораживание природоохранных учебных троп, проведение учебно-познавательных экскурсий) и других задач. Работа по изучению особо охраняемых природных территорий продолжается. Получив согласие, а также помощь Дирекции по особо охраняемым природным территориям, мы приступили к разработке плана природоохранной тропы. Она будет проходить по территории заказника «Бирский». Тропа будет представлять собою оборудованный прогулочно-познавательный маршрут. Задача его формирования – природоохранное просветительство обучающихся, студентов и туристов. Она станет содержать в себе специализированные информативные стенды, указатели, но кроме этого зоны с целью переходного отдыха.

Список литературы / References

1. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями и дополнениями от 11.06.2021). 01.09.2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=400897> (дата обращения: 28.01.2022).
2. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. 2-е изд., перераб. Уфа: Издательский центр «МедиаПринт», 2010. 414 с.
3. Кадастровые сведения особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан по состоянию на 1 января 2019 года. 30.01.2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecology.bashkortostan.ru/documents/active/186798/> (дата обращения: 28.01.2022).
4. Гареев А.М. Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 2012. 246 с.
5. Памятники природы Республики Башкортостан // Башкирская энциклопедия / Гл. ред. М.А. Ильгамов. Уфа: ГАУН «Башкирская энциклопедия», 2015–2020. 316 с.

УДК 528.91:630

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СПОСОБОВ ЛИКВИДАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЗЕМЛЯХ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ РФ

Багранюк И.А., Банников В.П., Каримова А.А.

*Федеральное государственное автономное учреждение «Управление лесного хозяйства»
Министерства обороны Российской Федерации (ФГАУ «Оборонлес»), Москва,
e-mail: oboronles1@mail.ru*

В статье рассмотрены разнообразные задачи лесного хозяйства, целесообразность создания разноцелевой геоинформационной системы, цифровизации лесного хозяйства и мониторинга его состояния в интересах совершенствования системы охраны и устройства лесов, расположенных на землях обороны и безопасности, площадь которых составляет более 4,7 млн га. В статье раскрыты различные аспекты использования геоинформационных систем (ГИС), связанных с совершенствованием методов ведения лесного хозяйства на землях обороны и безопасности. Приведены основные нормативные правовые акты, регулирующие вопросы пожаротушения, а также варианты разграничения полномочий в области лесопользования, разнообразные задачи лесного хозяйства. Показана актуальность использования геоинформационной системы цифровизации лесного хозяйства и мониторинга ее состояния в интересах совершенствования системы охраны и устройства лесов. Сформулированы задачи для решения с помощью ГИС. В качестве примера рассмотрена геоинформационная система «Панорама» (ГИС Панорама) со следующими прикладными задачами: Геоинформационная система Web-сервис, Программное изделие GIS WebServer (GIS WebServer SE), ГИС Сервер SE, Банк данных цифровых карт и данных дистанционного зондирования Земли. Отмечена актуальность использования данных дистанционного зондирования Земли с целью оперативного обновления данных о пространственных объектах. Проанализированы состав и структура обрабатываемой информации, иерархические связи и особенности данных о пространственных объектах, на основе чего сделаны выводы о возможности использования информации для формирования базы данных, о необходимости разработки специальных алгоритмов представления актуальных данных об изменениях на лесных участках, снижения затрат на охрану и устройство лесов при помощи данных дистанционного зондирования Земли. Выработаны требования к геоинформационной системе.

Ключевые слова: геоинформационные системы (ГИС), лесопользование, лесное хозяйство, вопросы пожаротушения

ASPECTS OF DESIGNING AN AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR FORECASTING THE SPREAD AND METHODS OF ELIMINATING FOREST FIRES ON THE LANDS OF DEFENSE AND SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Bagranyuk I.A., Bannikov V.P., Karimova A.A.

*Federal State Autonomous Institution Department of Forestry of the Ministry of Defense
of the Russian Federation (FSAI «Oboronles»), Moscow, e-mail: oboronles1@mail.ru*

The article considers various tasks of forestry, the feasibility of creating a multi-purpose geographic information system, digitalization of forestry and monitoring its condition in the interests of improving the system of protection and arrangement of military forests. The article deals with various aspects of the use of geographic information systems (GIS) related to the improvement of forestry methods on the lands of defense and security. The main normative legal acts governing firefighting issues, as well as options for the delimitation of powers in the field of forest management, various tasks of forestry are presented. The relevance of using the geographic information system for digitalization of forestry and monitoring its condition in the interests of improving the system of protection and arrangement of forests is shown. The tasks for solving with the help of GIS has been formulated. The geographic information system "Panorama" (GIS Panorama) has been considered as an example with the following applied tasks: Geographic information system Web-service, Software product GIS WebServer (GIS WebServer SE), GIS Server SE, Databank of digital maps and Earth remote sensing data. The relevance of the use of Earth remote sensing data for the purpose of promptly updating data on spatial objects is noted. The composition and structure of the processed information, hierarchical relationships and features of data on spatial objects has been analyzed, and on this basis conclusions are made about the possibility of using information to form a database, about the need for special algorithms for presenting up-to-date data on changes in forest areas, about reducing the cost of protecting and arranging forests using Earth remote sensing data. The requirements for the geographic information system have been developed.

Keywords: geographic information systems (GIS), forest management, forestry, fire extinguishing issues

Территория Российской Федерации, покрытая лесной растительностью, составляет около 809 млн га (8,09 млн км²), или около 20% от всех лесов мира (по площади лесов Россия занимает первое место в мире). Леса покрывают 46,6% территории

России и являются уникальной природной экосистемой, имеющей глобальное ресурсное и социальное значение. Леса служат важнейшей частью природной биосферы, влияющей на жизнеспособность и потенциал развития не только человеческого общества, но и экологии всего мира.

Согласно статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (далее – ЛК РФ), «основными территориальными единицами управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов являются лесничество, а также участковые лесничества, которые могут создаваться в составе лесничеств.

Лесничества создаются на землях:

- 1) лесного фонда;
- 2) обороны и безопасности, на которых расположены леса;
- 3) населенных пунктов, на которых расположены леса;
- 4) особо охраняемых природных территорий, на которых расположены леса».

На основании статьи 121 ЛК РФ на землях обороны и безопасности учитываются леса, которые подлежат освоению с соблюдением целевого назначения таких земель. Площадь лесов, расположенных на землях обороны и безопасности, составляет более 4,7 млн га.

Приказом Министра обороны Российской Федерации от 11.02.2015 № 60 «О создании федерального государственного автономного учреждения “Управление лесного хозяйства” Министерства обороны Российской Федерации путем изменения типа и переименования государственного учреждения “647 Квартирно-эксплуатационный отдел войсковой части 25969”» создано Федеральное государственное автономное учреждение «Управление лесного хозяйства» Министерства обороны Российской Федерации (ФГАУ «Оборонлес» Минобороны России), которое является специализированной организацией, созданной для выполнения работ, оказания услуг в области защиты, воспроизводства, охраны (в том числе для осуществления мер пожарной безопасности и тушения пожаров в лесах на землях Министерства обороны РФ) лесов в целях обеспечения реализации предусмотренных законодательством Российской Федерации полномочий Министерства обороны в сфере лесного хозяйства (рис. 1).

Леса на землях обороны и безопасности РФ непрерывно претерпевают изменения в результате воздействия природных и антропогенных факторов. Некоторые из этих изменений могут приводить к серьезным

нарушениям структуры лесных биогеоценозов. Наиболее негативным из этих факторов являются лесные пожары.

С учетом специфики военных лесов требуется привлечение особого внимания к проблеме мониторинга пожароопасной обстановки, обеспечивающей своевременное обнаружение и ликвидацию лесных пожаров [1].

Современное развитие средств и методов мониторинга лесных пожаров с целью защиты окружающей среды в обязательном порядке предполагает использование материалов дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС), способных автоматизировать процессы обнаружения лесных пожаров и обеспечить незамедлительное выполнение оперативных действий по борьбе с ними [2].

Учреждение осуществляет свою деятельность в соответствии с предметом и целями деятельности, определенными следующими нормативными правовыми актами Российской Федерации:

- ЛК РФ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021);
- постановлением Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах»;
- постановлением Правительства РФ от 07.10.2020 № 1614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах»;
- постановлением Правительства РФ от 17.05.2011 № 376 «О чрезвычайных ситуациях в лесах, возникших вследствие лесных пожаров» (вместе с «Правилами введения чрезвычайных ситуаций в лесах, возникших вследствие лесных пожаров, и взаимодействия органов государственной власти, органов местного самоуправления в условиях таких чрезвычайных ситуаций»);
- постановлением Правительства РФ от 17.05.2011 г. № 377 «Об утверждении Правил разработки и утверждения плана тушения лесных пожаров и его формы»;
- постановлением Правительства РФ от 02.12.2017 г. № 1464 «О привлечении сил и средств федеральных органов исполнительной власти для ликвидации ЧС в лесах, возникших вследствие лесных пожаров»;
- приказом Минприроды России от 08.07.2014 г. № 313 «Об утверждении Правил тушения лесных пожаров»;
- постановлением Правительства РФ от 02.02.1998 г. № 135 «О закреплении лесов, расположенных на землях обороны, за федеральным органом исполнительной власти по вопросам обороны»;

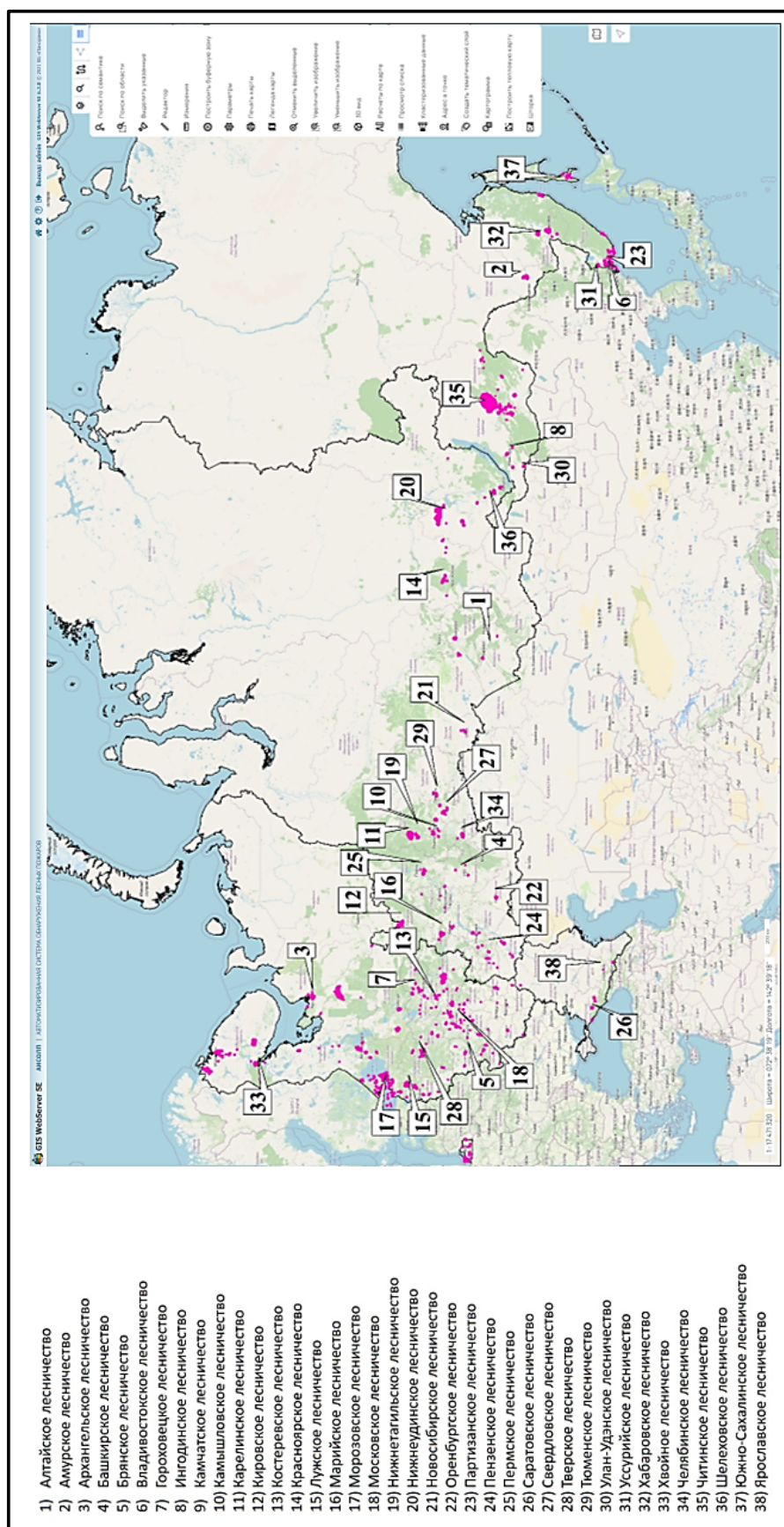


Рис. 1. Расположение лесничеств на землях Министерства обороны РФ

– Методическими рекомендациями Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по организации работы органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) в пожароопасный сезон.

С учетом большой площади территории страны, разнообразия ее ландшафтных особенностей и климатических условий ФГАУ «Оборонлес» осуществляет следующие мероприятия:

– предупреждение лесных пожаров, мониторинг пожарной опасности в лесах, обеспечение средствами предупреждения и тушения лесных пожаров;

– тушение лесных пожаров в границах лесничеств Минобороны России;

– реализация мер по ликвидации чрезвычайных ситуаций в лесах (и их последствий), возникших вследствие лесных пожаров;

– защита лесов от вредных организмов и болезней, обеспечение мер санитарной безопасности в лесах, в том числе проведение санитарно-оздоровительных мероприятий;

– воспроизводство лесов, в том числе семеноводство, лесовосстановление, уход за лесами;

– разработка проектов освоения лесов.

Ученые многократно подчеркивали: в связи с разнообразием задач лесного хозяйства, в том числе охраны и устройства лесов, является целесообразным создание разноцелевой геоинформационной системы картографирования лесного хозяйства и мониторинга его состояния в интересах усовершенствования системы охраны и устройства лесов. Ими также рассматривались различные методики и способы построения подобной системы [3, 4].

ГИС представляет собой комплекс программных, технических и информационных средств, гарантирующих сбор, анализ, обработку и представление пространственных и атрибутивных данных для принятия решений в области лесоустройства [5, 6].

Внедрение ГИС для автоматизации деятельности лесопользователей при выполнении своих функций, а также при информационно-аналитическом сопровождении производственных работ различного назначения позволит лесопользователю формировать сведения о пространственных данных (пространственных метаданных) в отношении подведомственного хозяйства.

Целью ввода в эксплуатацию ГИС является автоматизация процессов управления лесной отраслью, а именно:

– повышение достоверности и оперативности предоставления информации для принятия управленческих решений;

– повышение точности планирования мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов на землях обороны и безопасности;

– повышение эффективности контроля исполнения планов;

– обеспечение оценки эффективности реализации мероприятий;

– повышение точности и оперативности предоставления информации заинтересованным ведомствам и организациям.

Исходя из указанной выше цели проектируемая ГИС должна позволять решать следующие задачи:

1) обеспечение формирования единого информационного пространства для заинтересованных лесопользователей;

2) автоматизация сбора и анализа данных о состоянии лесного комплекса земель обороны и безопасности;

3) планирование деятельности лесного хозяйства.

Бережное лесопользование и лесоустройство в настоящее время – время резких климатических изменений – является все более актуальной потребностью общества. ГИС позволяет пользователям лесного фонда объединять и анализировать различные источники информации (аналоговые и цифровые, семантические и метрические, картографические и табличные) для оперативного принятия управленческих решений. За счет разграничения прав доступа к оперативной и достоверной информации можно удовлетворить потребности пользователей, дать возможность последовательно развивать лесоустройство и интегрировать его в процессы хозяйствования в экономике страны. Таким образом, научная новизна планируемой работы состоит в разработке методики управления лесами, расположенными на землях обороны и безопасности, в моделировании процессов экологических последствий лесных пожаров при помощи геоинформационных систем с учетом особенности режимного использования территорий.

С помощью ГИС возможно:

– создание планов лесоустройства;

– согласование графиков мероприятий;

– принятие важных управленческих решений по использованию ресурсов;

- решение текущих и стратегических задач лесной отрасли;
- слежение за исполнением лесоводческих обязательств;
- внесение изменений в лесные кадастры;
- пересмотр и переработка планов освоения лесных участков;
- получение сводки об объемах имеющейся древесины, о распределении видов сопутствующих продуктов, возможных последствиях мероприятий с лесным фондом для природной среды и естественных местообитаний;
- распространение плановой информации (регулярно и с минимальными усилиями) в адрес всех заинтересованных лиц.

Все перечисленные задачи сегодня решаются при помощи геоинформационных систем, например при помощи геоинформационной системы «Панорама» (ГИС Панорама).

ГИС «Панорама» – это универсальная геоинформационная система, позволяющая выполнить:

- сбор пространственных данных;
- ведение базы пространственных данных;
- создание и обновление цифровых карт и планов;
- создание информационных подсистем различного назначения [7].

Поставленные задачи представляется возможным решить с привлечением таких рабочих инструментов (и параллельно с решаемыми ими дополнительными прикладными задачами), как:

- *геоинформационная система Web-сервис* (на базе Apache или Nginx), выполняющая предоставление (в сети TCP/IP) пространственной информации в виде графического изображения, описания условий получения геоданных и описания характеристик сервера по предоставлению этих данных, метаданных, пространственной информации об объектах карты в виде набора атрибутивной, описательной и векторной информации [8];

– *программное изделие GIS WebServer* (GIS WebServer SE) ПАРБ.00165-01 (далее – GIS WebServer SE), которое, во-первых, позволяет создавать различные геопорталы, новые слои, тематические карты и картограммы с данными с возможностью их редакции, а во-вторых, работает на прогрессивных облачных технологиях, с автоматизацией публикаций динамически изменяющихся пространственных данных на основе web-сервисов, с совмещением данных с разнообразных сервисов с дальнейшей их обработкой [9];

– *ГИС Сервер SE* – серверное решение, предоставляющее удаленный доступ к цифровым пространственным данным в виде векторных карт, растров и матриц. В результате использования механизма сокетов выполняется соединение с сервером по протоколу TCP/IP [10] (рис. 2).

– *Банк данных цифровых карт и данных дистанционного зондирования Земли* (позволяет осуществлять сбор, учет, выдачу, анализ, коллективный доступ к геопространственной информации) [11] (рис. 3).

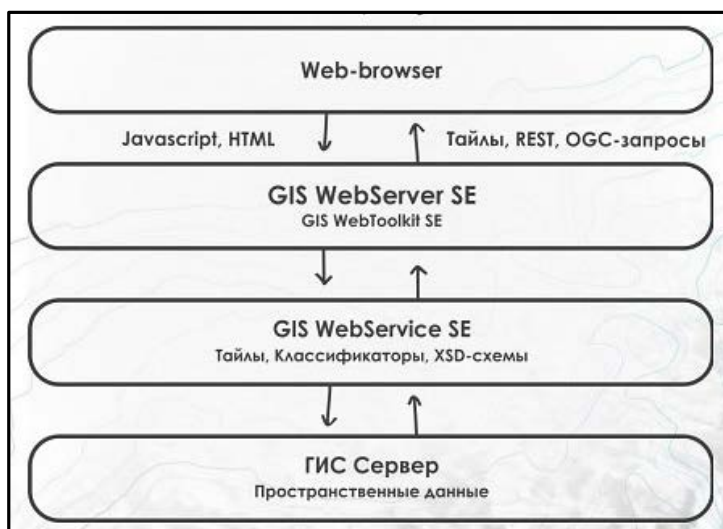


Рис. 2. Схема работы GIS WebServer SE

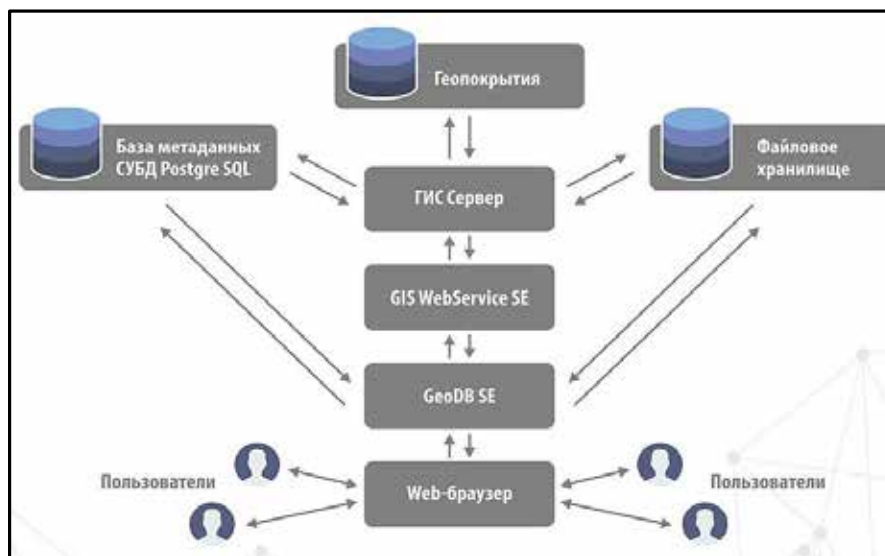


Рис. 3. Схема работы Банка данных

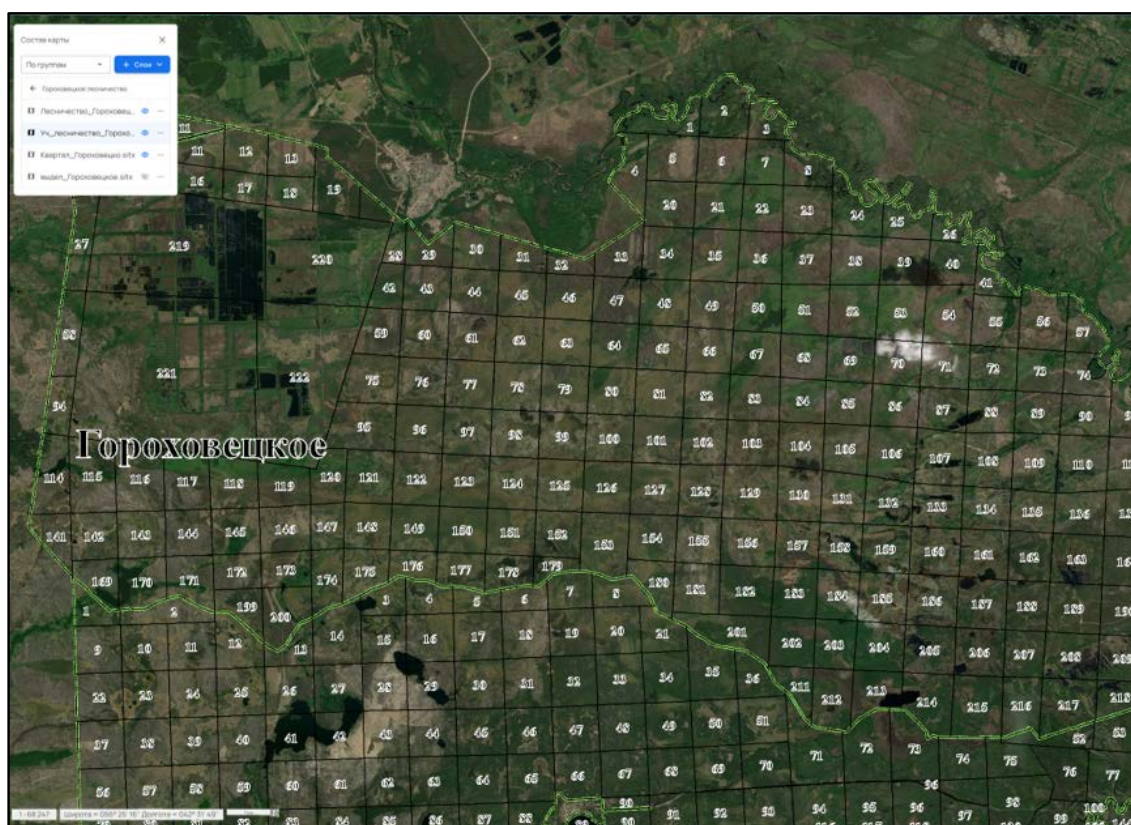


Рис. 4. Пример использования материалов ДЗЗ

Развитие использования ГИС-технологий в лесоустроительных вопросах связано с:

- сбором, анализом, визуализацией и выдачей данных о пространственных объектах;

- интегрированием и глобализацией информации от заинтересованных лесопользователей;
- разграничением пользователей по уровню содержания информации;

– разработкой пользовательского интерфейса с целью подготовки отчетной информации;

– созданием актуальных картографических и семантических данных [12].

Также является актуальным привлечение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью выполнения оперативного учета лесов, пожарной обстановки, анализа воздействия антропогенных факторов [13]. Использование материалов ДЗЗ позволит с высокой степенью точности описать метрические и семантические характеристики пространственных объектов [14, 15] (рис. 4). Также материалы ДЗЗ позволят поддерживать данные ГИС в актуальном состоянии [16].

Учитывая составы и структуру обрабатываемой информации, а также иерархические связи и особенности данных о пространственных объектах, можно сделать следующие выводы:

– с использованием современной и достоверной информации можно осуществлять лесопользование на каждом участке лесного фонда и, как следствие, быстро сформировать точную базу данных о лесах, что позволит максимально эффективно использовать их потенциал;

– специальные алгоритмы способствуют представлению актуальных данных о лесопользованиях;

– использование материалов ДЗЗ может существенно снизить затраты на проведение инвентаризации лесов.

В свою очередь, геоинформационная система должна иметь:

– иерархическую структуру;

– определенные наборы пространственных данных для различных уровней доступа, с персонификацией и учетом деятельности пользователей;

– возможность динамичных изменений с опцией редактирования запросов и предоставления отчетности;

– средства расширения функциональных возможностей;

– функциональные возможности предоставления данных о пространственных объектах в режиме реального времени, а также выполнения интерактивного анализа данных, различных измерений и расчетов, сбора, хранения и выдачи данных;

– инструментальные средства работы с данными о пространственных объектах.

Список литературы

1. Барковский С.А., Спиридонов А.В., Овсяник А.И., Семинов В.Л., Белкин К.А., Годлевский П.П. Сетецентри-

ческий подход к предупреждению и ликвидации лесных пожаров на основе интеграции информационных ресурсов и систем // Технологии техносферной безопасности. 2020. № 3(89). С. 98-109. DOI: 10.25257/TTS.2020.3.89.98-109.

2. Провин К.Н. Анализ причин возникновения лесных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации // Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Института леса НАН Беларуси (Гомель, 13–15 ноября 2020 года). Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2020. С. 275-278.

3. Недоцук В.Е., Козельцов А.В. Информационные системы предупреждения и ликвидации лесных пожаров // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. №1(7). С. 88-90.

4. Бенмусса А. Модели и методы анализа данных информационной системы мониторинга лесных пожаров // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: сборник материалов заочных научно-практических конференций (Владимир, 15–30 апреля 2020 года). Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2020. С. 52-57.

5. Савченкова В.А., Коршунов Н.А., Котельников Р.В., Перминов А.В. Информационное обеспечение при тушении крупных лесных пожаров // Сибирский лесной журнал. 2020. № 6. С. 30-40. DOI: 10.15372/SJFS20200603.

6. Павлов И.Н., Шевелев С.Л., Кузьмичев В.В. Геоинформационные технологии в лесном хозяйстве и лесостроительстве. Красноярск, 2001. 152 с.

7. Программное изделие. Геоинформационная система «Панорама». Описание применения. ПАРБ. 00046-06 31 01 // КБ «Панорама». 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://gistoolkit.com/download/doc/pandescription.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).

8. Программное изделие. GIS WEBSERVICE (GIS WebService SE) Руководство системного программиста. ПАРБ. 00160-01 32 01 // КБ «Панорама». 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://gistoolkit.ru/download/doc/giswebservicesedoc1.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).

9. Программное изделие. GIS WEBSERVICE (GIS WebService SE) Руководство системного программиста. ПАРБ. 00165-01 32 01 // КБ «Панорама». 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://gistoolkit.ru/download/doc/giswebserverseadmain.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).

10. Программное изделие. ГИС СЕРВЕР (ГИС Сервер SE). Установка и настройка программы. ПАРБ.00049-02 93 01 // КБ «Панорама». 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://gistoolkit.ru/download/doc/gisserverinstallin.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).

11. Программное изделие. Комплекс ведения банка данных цифровых карт и данных дистанционного зондирования Земли (Банк данных ЦК и ДЗЗ). Руководство оператора ПАРБ.00033-03 34 01 // КБ «Панорама». 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://gistoolkit.com/download/doc/spatuserdoc.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).

12. Вуколова И.А. Геоинформатика в лесном хозяйстве. М.: ВНИИЛМ, 2002. 216 с.

13. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Академия, 2004. 336 с.

14. Каримова А.А. Методические аспекты использования современных материалов космической съемки для обновления цифровых топографических карт и планов городов // Вопросы электромеханики. 2016. № 3. С.29–33.

15. Долгополов Д.В., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Использование многозональных космических изображений и ГИС-технологий для анализа лесопирологической обстановки вдоль трасс трубопроводных систем // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. Т. 4. № 1. С. 12-20. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-4-1-12-20.

16. Абрамова Л.В., Феклистов П.А. Повышение эффективности управления лесным фондом средствами информационных технологий. Архангельск: САФУ, 2015. 170 с.

**МЕТОДЫ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ РУД****Авфукова Л.С., Белова Т.П.***ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: ludmila-avfukova93@mail.ru*

В статье рассматриваются процессы обогащения никельсодержащих руд гидрометаллургическими методами. Основное внимание уделено латеритным и сульфидным рудам, так как основные ресурсы никеля сосредоточены на 60 % в латеритных и на 40 % в сульфидных рудах. Приводятся обобщенные данные, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе по химическому выщелачиванию никельсодержащих руд за последние десять лет. Сопоставление основных параметров на процесс показало, что на процесс выщелачивания влияют: время выщелачивания, температура, расход реагента и его концентрация, использование добавок восстановителей и окислителей в зависимости от типа руды, соотношение Т:Ж, а также скорость перемешивания при чановом выщелачивании. Наибольшее количество работ посвящено применению серной кислоты в различных концентрациях, имеются данные по использованию соляной кислоты. В качестве добавок в литературе рекомендуется применять лимонную кислоту как комплексообразователь, растворы сульфата железа (II) в качестве восстановителя, растворы сульфата железа (III) как окислителя, фторид-ионы в виде солей или фтористоводородной кислоты для выщелачивания силикатных никельсодержащих руд. Показано, что чановое химическое выщелачивание широко применимо для извлечения никеля и сопутствующих металлов из латеритных и сульфидных, массивных, вкрапленных и прожилково-вкрапленных никельсодержащих руд. Для достижения извлечения никеля более 90 % процесс выщелачивания следует проводить при повышенной температуре, оптимальным диапазоном температур является 75–80 °С. Введение в выщелачивающий реагент солей, таких как хлориды натрия и калия, фторид кальция, сульфат натрия и других, позволяет сократить время выщелачивания в 2 раза.

Ключевые слова: выщелачивание, латеритная руда, сульфидная руда, выщелачивающий агент, цветные металлы

METHODS OF ACID LEACHING OF NICKEL-CONTAINING ORES**Avfukova L.S., Belova T.P.***Scientific Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: ludmila-avfukova93@mail.ru*

The article considers the enrichment of nickel-containing ores using hydrometallurgical methods. The focus is on lateritic and sulphide ores, since the main nickel resources are 60 % concentrated in lateritic ores and 40 % in sulphide ores. A summary of data published in the domestic and foreign literature on the chemical leaching of nickel-containing ores over the last ten years is given. Comparison of the main process parameters shows that leaching process is influenced by: leaching time, temperature, reagent consumption and its concentration, use of reducing and oxidising agent additives depending on ore type, solid to liquid ratio and stirring speed during vat leaching. The greatest number of works is devoted to the use of sulphuric acid in various concentrations and there are data on the use of hydrochloric acid. According to the literature it is recommended to use citric acid as a complexing agent, iron (II) sulphate solutions as a reducing agent, iron (III) sulphate solutions as an oxidizing agent, fluoride ions as salts or hydrofluoric acid for leaching of silicate nickel-containing ores. Vat chemical leaching is shown to be widely applicable to the extraction of nickel and related metals from lateritic and sulphidic, massive, disseminated and vein-disseminated nickel-containing ores. To achieve a nickel extraction greater than 90 %, the leaching process should be conducted at elevated temperatures, with an optimum temperature range of 75–80 °C. The introduction of salts such as sodium and potassium chlorides, calcium fluoride, sodium sulphate and others into the leaching agent can reduce the leaching time by half.

Keywords: leaching, lateritic ore, sulphide ore, leaching agent, non-ferrous metals

Процессы обогащения полезных ископаемых, целью которых является повышение содержания ценных компонентов в перерабатываемом природном сырье, играют все возрастающую роль в развитии современного горно-перерабатывающего комплекса. Основными видами переработки минерального сырья являются пиро-, гидро-, электрометаллургия. Для извлечения никеля применяют все вышеперечисленные методы, однако высокая энергоемкость

пирометаллургии заставляет нас обратить внимание на повышение эффективности гидрометаллургических процессов.

Ресурсы никеля сосредоточены в основном в сульфидных и латеритных рудах. В латеритных месторождениях содержится 60 % никеля, в сульфидных месторождениях – 40 %. Сейчас наибольший интерес проявляют к латеритным рудам, хотя сульфидные руды являются более важным объектом для интенсивной и комплексной переработки

минерального сырья, так как помимо никеля содержат кобальт, медь, золото, металлы платиновой группы.

Поиск оптимальной технологии переработки никельсодержащей руды, которая позволила бы получить никель и его соединения высокой чистоты, вовлечь в переработку руды с высоким содержанием железа, максимально извлечь никель в товарную продукцию, является на сегодняшний день весьма актуальной задачей. Наиболее рациональным является создание комбинированной гидрометаллургической технологии переработки руды, обеспечивающей получение очищенных товарных продуктов цветных металлов.

Целью настоящей работы является обобщение данных, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе по химическому выщелачиванию никельсодержащих руд.

Кислотные методы выщелачивания – это в первую очередь сернокислотное чановое и кучное выщелачивание с концентрацией кислоты от 0,2 до 3 М. Применяют также солянокислотное выщелачивание. Для повышения эффективности выщелачивания применяют различные добавки – окислители, восстановители, комплексообразователи. Сопоставление основных параметров выщелачивания никельсодержащих руд приведено в таблице.

Экспериментально изучено сернокислотное выщелачивание никеля из латеритной руды Сербии [1] при концентрации H_2SO_4 от 0,2 до 0,4 моль/л и соотношении Т:Ж = 1:10. Определено влияние температуры, времени, концентрации серной кислоты и скорости перемешивания на кинетику извлечения металлов. Эксперименты проводились при температуре 318, 333, 348 и 363 К со временем до двух часов. Скорость перемешивания составляла от 700 до 900 об/мин. Извлечение никеля увеличивается с увеличением температуры, времени выщелачивания и скорости перемешивания. По полученным данным максимальное полученное значение извлечения никеля составляет 78% при температуре 363 К и времени выщелачивания 120 мин с концентрацией серной кислоты 0,2 моль/л.

Использование серной кислоты в концентрациях от 0,5 до 3,0 М [2] для выщелачивания никельсодержащей латеритной руды из Ржаново (Республика Македония) показало, что с увеличением концентрации кислоты максимальный выход выщелоченной фракции увеличивался, % мас.: с 16,37 (% мас.) при 0,5 М;

до 22% при 1,0 М; до 28% при 3 М. Процесс выщелачивания интенсифицировали магнитным перемешиванием со скоростью 600 об/мин, при различных температурах (298, 323, 348 и 363 К) во временном интервале 120 мин. Соотношение твердой и жидкой фаз составляло Т:Ж = 1:50. Установлено, что температура значительно интенсифицирует процесс выщелачивания. После 120 мин выщелачивания в 3 М H_2SO_4 выход выщелоченной фракции увеличился с 28% при 298 К до 84% при 363 К. Процесс выщелачивания в 3 М H_2SO_4 в целом по изучаемому диапазону температур лучше всего описывается моделью Яндера и Гинстлинга – Браунштейна, которая указывает на то, что процесс выщелачивания контролируется диффузией.

Влияние параметров выщелачивания: расхода серной кислоты, плотности пульпы (соотношение Т:Ж), температуры, времени процесса и тонкости помола, на извлечение металлов из никель-магнєвых руд Аганозерского месторождения республики Карелия (Россия) изучено с целью разработки комбинированной технологии извлечения никеля и магния [3].

Разработан способ извлечения никеля из растворов или пульп выщелачивания руд [4] на примере выщелачивания латеритной руды Кунгурского месторождения, Урал (Россия). Для чанового выщелачивания была взята руда фракцией 0,2 мм. Руду массой 3 кг подвергли чановому выщелачиванию в стаканах сернокислым раствором 100–120 г/л при 90–95 °С, Т:Ж = 1:5 в пяти последовательно работающих стаканах в течение 3 ч в каждом. По окончании контакта твердое и жидкое перемещали противотоком, в итоге на выходе 1 стакана получали иловую фракцию пульпы с максимальной концентрацией никеля, на выходе 5 стакана – выщелоченную руду, которую после промывки складировали как кек выщелачивания.

Сравнение эффективности выщелачивания никельсодержащих руд растворами серной и соляной кислот [5] показало преимущество серной кислоты для выщелачивания польских латеритов и сапролитового латерита Греции, а соляной кислоты – для лимонитового латерита Греции. Сравнение проводили на примере выщелачивания никельсодержащих латеритных руд Польши и Греции компанией IMN. Польский латерит содержит никель и кобальт с преобладающим количеством кремния, магния и железа.

Сопоставление основных параметров выщелачивания никельсодержащих руд

№	Месторождение	Тип реагента	Время, мин	Температура, °С	Т:Ж	Эффективность выщелачивания, %	Источник
1	Сербия	0,2 М H_2SO_4	120	≈ 90	1:10	Ni – 78	[1]
2	Ржано- Республика Македония	3 М H_2SO_4	120	≈ 90	1:50	Ni – 84	[2]
3	Кунгурское месторождение, Урал (Россия)	100–120 г/л H_2SO_4	180	≈ 90–95	1:5	—	[4]
4	Польша	H_2SO_4 ; HCl	120–180	50–75	2 – 4:10	в присутствии H_2SO_4 – Ni = 90	[5]
5	Греция: а) сапролитовая руда; б) лимонитовая руда	H_2SO_4 ; HCl	120–180	50–75	—	а) в присутствии H_2SO_4 , HCl – Ni, Co > 90; б) в присутствии HCl – Ni > 90, Co > 80	[5]
6	Серовское месторождение, Северный Урал (Россия)	HCl	180	90	—	Ni – 83; Co – 74; Fe – 49	[6]
7	Провинция Юньнань (Китай)	8 М HCl	120	≈ 80	1:4	Ni – 92,3; Co – 61,5; Mn – 93,5; Mg – 95,5; Fe – 56,3	[7]
8	Юго-запад Ирана	3–5 Н H_2SO_4 , 3–5 Н $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	240	95	≈ 1:7	в присутствии 5 Н H_2SO_4 – Ni = 83	[8]
9	Южная Африка	0,1–1 М H_2SO_4 , 0,5–1 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$; 0,5 М $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	—	30	1:20	а) 0,5 М H_2SO_4 + 0,5 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ – 79,6; б) 1 М H_2SO_4 – 74,4	[9]
10	Буркитальское месторождение, Южный Урал (Россия)	16 г/л H_2SO_4 , 40 г/л FeSO_4 а) лабораторный эксперимент; б) укрупненный лабораторный эксперимент	а) 60–4320; б) 60	а) ≈ 20–25; б) 5	а) 1:1,5; б) 1:2,1	а) Ni = 7,4 – 20,4; Co = 36,9 – 56,3; Mn = 47,0 – 64,7; б) Ni = 7,5; Co = 53,8; Mn = 63,4	[10]
11	Регион Калдаг в Манисе, Турция	200 г/л H_2SO_4 , NaCl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, Na_2SO_4 , KCl	240–480	80	1:10	Ni = 98,2; Fe = 98,6; Co = 98,9	[11]
12	Урал, Россия	200 г/л H_2SO_4 , CaF_2 , от 1 до 10 кг/т руды	240	80	1:2	Ni ≈ 94	[12]
13	Месторождение Шануч, Камчатка (Россия)	12 г/л $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	60–180	80	1:5	Ni до 70	[13]

Эксперименты проводили в реакторе объемом 1–3 л с переменными параметрами pH (0,0–2,1), температуры (20–80 °C), продолжительности процесса (15–240 мин), соотношении Т:Ж (10–40%), реагенты для выщелачивания – H_2SO_4 и HCl кислоты. Установлено, что для выщелачивания польского латерита оптимальным реагентом является H_2SO_4 . В результате был достигнут целевой выход никеля 90%, а также повышена селективность выщелачивания никеля по сравнению с нежелательными металлами.

Сапролитовый и лимонитовый латериты Греции содержат Ni и Co, а также Fe, Ca, Al и Mg. Реакторные выщелачивающие испытания проводились с использованием H_2SO_4 или HCl в стеклянных реакторах с механическим перемешиванием на 500 мл и 1000 мл. Авторами были рассмотрены три параметра: температура, концентрация кислоты и соотношение Т:Ж. Особое внимание уделялось соизвлечению Co, а также растворению Fe, Al, Mg и Ca. Для сапролитовой руды результаты атмосферного кислотного выщелачивания и серной и соляной кислотами приводят к извлечению никеля и кобальта более 90%. Повышение концентрации кислоты и температуры, снижение соотношения Т:Ж улучшили извлечение никеля. Для лимонитовой руды извлечение Ni и Co HCl превышало 90 и 80% соответственно, а использование H_2SO_4 было менее эффективным. Повышение температуры улучшает общее извлечение металлов, а увеличение Т:Ж – уменьшает растворение железа обеими кислотами [5].

Комбинированная технология переработки окисленных никелевых руд соляной кислотой проведена на примере Серовского месторождения [6]. Выщелачивание руды проводили в стеклянном реакторе объемом 0,9 дм³, при механическом перемешивании при температуре до 90 °C. По окончании опыта пульпу фильтровали, кек промывали. Авторы измеряли объем полученного фильтрата и промывных вод и контролировали содержание в растворе Ni, Co, Fe_{общ}, в кек – Ni, Co, Fe_{общ} и SiO₂. Промытый кек сушили в течение 24 ч при температуре 100–105 °C. В результате авторы пришли к выводу, что для максимального извлечения никеля в раствор необходим расход соляной кислоты 1,5 г/г, температура 90 °C, продолжительность выщелачивания 4 ч. Это позволило достичь извлечения никеля в раствор на уровне 83%, 74% кобальта, извлечение железа при этом составило не более 49%.

Выщелачивание латеритной руды Китая [7] проводили соляной кислотой в концентрации 8 моль/л, при скорости перемешивания (300 об/мин), температуре (353 K), соотношении Т:Ж = 1:4 и размерах частиц 0,15 мм. Извлечение компонентов за два часа составило, мас. %: никеля – 92,3, кобальта – 61,5, марганца – 93,5, магния – 95,5 и железа – около 56,3.

Выщелачивание никеля из низкосортной никелевой латеритной руды одного из месторождений, расположенного на юго-западе Ирана, с содержанием никеля 0,88%, проведено серной и лимонной кислотами. При этом достигается 83%-ное извлечение никеля. Лимонная кислота в этих условиях практически бесперспективна [8]. После проведенных исследований авторы пришли к выводу, что руду целесообразно выщелачивать 5 Н серной кислотой при атмосферном давлении, скорости мешалки 1000 об/мин, температуре 95 °C, в течение 4 ч.

Выщелачивание никелевой латеритной руды из месторождения Южной Африки с использованием кислых сред и ионов железа (III) рассмотрено в работе [9]. В качестве выщелачивающих агентов авторы использовали серную кислоту, лимонную кислоту и сульфат железа (III). Для процесса выщелачивания были выбраны следующие параметры: температура – 30 °C; pH растворов 1,0 и 1,5; скорость перемешивания ≈ 200 об/мин. После проведения экспериментов с заданными параметрами сделаны следующие выводы: 1 М серная кислота имеет более высокую степень извлечения никеля, чем лимонная кислота и сульфат железа (III) той же концентрации, и составляет 74,4%. При использовании смеси серной и лимонной кислот концентрацией 0,5 М наблюдается максимальное извлечение никеля – 79,6%.

В присутствии восстановителя происходит избирательное извлечение кобальта серной кислотой из окисленной никель-кобальтовой латеритной руды Бурукталяского месторождения [10]. Проведенные лабораторный и укрупненный лабораторный эксперименты показали, что коэффициент селективности извлечения кобальта по отношению к никелю составляет 4,9. Выщелачивание вели раствором, содержащим 16 г/л серной кислоты и 40 г/л сульфата железа (II) при комнатной температуре (от 20 до 24 °C) в течение 1; 3; 5; 24 и 72 ч. Оптимальным оказалось время 1 час. В этих же условиях проводили укрупненный лабораторный эксперимент [10] в реакторе объемом

500 л, но использовали руду фракцией менее 0,8 мм. Выщелачивание вели при температуре окружающей среды плюс 5 °С. Коэффициент селективности в проведенных опытах составил 6,8.

Механизм чанового выщелачивания турецкой латеритной руды из региона Калдаг в Манисе в присутствии добавок рассмотрен в работе [11]. Проба руды содержала 1,2% Ni, 24,8% Fe, 0,062% Co. Испытания проводили в нагреваемом реакционном чане с тефлоновым покрытием и лопастной вращающейся мешалкой при скорости 500 об/мин, температуре 80 °С, размер частиц – 74 мкм, концентрация H_2SO_4 – 200 г/дм³. Извлечение никеля составило 98,2%, кобальта – 98,9%, железа – 98,6%. Кроме того, было исследовано влияние дополнительных веществ, таких как NaCl, $Na_2S_2O_5$, Na_2SO_4 и KCl, для уменьшения продолжительности выщелачивания. Результаты показали, что добавки ускоряли кинетику выщелачивания и обеспечивали почти такое же извлечение никеля и кобальта через 4 ч по сравнению с результатами, полученными через 8 ч без добавок.

Сернокислотное чановое выщелачивание окисленных руд Урала с использованием добавок фторидов рассмотрено в работе А.М. Ключникова и А.Б. Уманского [12]. Эксперименты проводились при отношении Т:Ж (т:м³), равным 1:2 во всех опытах, в термостатированных реакционных сосудах с перемешиванием, концентрация серной кислоты составляла 200 г/л и время контакта фаз 3–4 ч. Извлечение никеля монотонно возрастает с 70,9 до 82,9% с ростом температуры от 60 до 80 °С.

Фториды оказывают интенсифицирующее воздействие на процесс растворения никелевых силикатных минералов. Интенсификация процесса растворения железистых минералов в присутствии фторидов обусловлена процессами комплексообразования с появлением фторидных комплексных ионов вида $[FeF_6]^{3-}$. Введение добавок фторидов повышает извлечение никеля на 8–12%, а также приводит к резкому повышению выхода в раствор железа, практически пропорциональному повышению степени извлечения никеля. Однако введение фторида кальция приводит к повышению расхода кислоты с 345 до 373–385 кг/т. При этом оптимальный расход добавки составляет около 5–7 кг/т. Дальнейшее повышение расхода нецелесообразно, так как приводит к нецелевому перерасходу реагента. Оптимальные

условия проведения процесса обеспечивают извлечение в раствор до 94% никеля [12].

Ранее нами было показано [14], что в условиях Камчатского края можно рассматривать использование в качестве реагента конденсатов высокотемпературных геотермальных теплоносителей для выщелачивания тонко- и прожилково-вкрапленных сульфидных кобальт-медно-никелевых руд. Были использованы природные растворы и модельные композиции различного состава, имеющие кислую реакцию. Так установлено, что оптимальным реагентом является с концентрацией кислот, моль/л: HCl – 0,5, H_2SO_4 – 0,2, HF – 0,1. В этих условиях содержание никеля в продуктивном растворе составило 4,3 г/л. Дальнейшее концентрирование продуктивного раствора предлагается проводить сорбционным методом [15, 16].

В НИГТЦ ДВО РАН получены результаты по высокотемпературному выщелачиванию сульфидной кобальт-медно-никелевой руды растворами «биогеогенного» и «химического» железа (III). «Биогенное» железо получали с помощью иммобилизованной биомассы железобактерий, «химическое» железо – путем растворения сульфата железа (III) в подкисленной воде. Выщелачивание проводили в реакторе с механическим перемешиванием пульпы (≈ 80 – 100 об/мин), при температуре пульпы ~ 80 °С, плотность пульпы составляла Т:Ж = 1:5 (300 г руды к 1500 мл раствора Fe^{3+}), размер фракции – < 100 мкм, время выщелачивания – 3 ч. Содержание металлов в исходной руде: Ni – 6,80%, Cu – 1,42%, Co – 0,16%. Установлено, что раствор «химического» железа более эффективен при извлечении металлов, по сравнению с «биогеогенным» железом на 9,4% по никелю, на 33,3% по меди, на 6,3% по кобальту [13].

Заключение

Переработку минерального сырья осуществляют с помощью пиро-, гидро- и электрометаллургии. Первые два способа исторически являются основными способами. С древних времен до конца XIX в. производство металлов осуществлялось исключительно пирометаллургическими процессами. На рубеже XIX–XX вв. промышленную значимость приобрела другая крупная ветвь металлургии – гидрометаллургия.

Анализ зарубежной и отечественной литературы показывает, что в настоящее время проводится большое количество ис-

следований по разработке технологических схем чанового химического выщелачивания никельсодержащих руд. Н. Basturkcü и др. выявили, что наибольший эффект выщелачивания при извлечении никеля (более 98,2%) из латеритной руды района Калдаг (Турция) происходит в присутствии серной кислоты с добавками. Добавки используются для уменьшения времени выщелачивания. А.М. Klyushnikov и другими при переработке латеритной руды Урала (Россия) в присутствии серной кислоты и фторида кальция было достигнуто 94%-ное извлечение никеля. J. Li и др. получили 92,3%-ное извлечение никеля, применяя соляную кислоту для выщелачивания (провинция Юньнань, Китай). Польский и греческий латерит J. Mäkinen и др. подвергали сернокислому выщелачиванию, в результате этого было достигнуто 90%-ное извлечение никеля.

Список литературы

1. Srećko Stopić, Bernd Friedrich, Reinhard Fuchs. Sulphuric acid leaching of the Serbian nickel lateritic ore. *ER-ZMETALL*. 2003. Vol. 56. No. 4. P. 198–203.
2. Petrovski A., Načevski G., Dimitrov A.T., Paunović P. Kinetic models of nickel laterite ore leaching process. *Machines. Technologies. Materials. Year XIII*. 2019. No. 11. P. 487–490.
3. Smirnov K.M., Molchanova T.V., Anan'ev A.V., Krylova O.K. Technology of hydrometallurgical processing of the nickel – magnesium ores from the Aganozero deposit. *Russian Metallurgy (Metally)*. 2018. No. 7. P. 614–618.
4. Агалаков И.П., Ященко И.Э., Калошин А.А., Орлов С.Л., Басков Д.Б. Способ извлечения никеля из растворов или пульпы выщелачивания руд // Патент РФ 2368677С2. Патентообладатель Басков Д.Б. 2009. Бюл. № 27.
5. Mäkinen J., et al. Metal Recovery from Low Grade Ores and Wastes Plus. D3.6 Report on metal extraction of low-grade ores and wastes. METGROW + H2020 project, grant agreement №690088. 2018. 20 p.
6. Колмачихина О.Б. Комбинированная технология переработки окисленных никелевых руд (на примере Серовского месторождения): дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2018. 132 с.
7. Li J., Xu Z., Wang R., Yang Gao Y., Yang Y. Study on leaching kinetics of laterite ore using hydrochloric acid. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 2019. No. 55 (3). P. 711–720.
8. Fatahi M., Noaparast M., Shafaei S.Z. Nickel extraction from low grade laterite by agitation leaching at atmospheric pressure. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2014. Vol. 24. No. 4. P. 543–548.
9. Ndlovu S., Simate G. The leaching of nickel laterite ore using acidic media and ferric ions. *XXII ENTMM / VII MSH-MT – Ouro Preto-MG*. 2007. P. 197–202.
10. Сосновский М.Г., Гуляев С.В., Зарков А.В. Способ переработки окисленной никель-кобальтовой руды // Патент РФ 2694188. Патентообладатель ПАО «Мечел». 2018.
11. Basturkcü H., Acarkan N. Leaching behaviour of a turkish lateritic ore in the presence of additives. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 2016. no. 52 (1). P. 112–123.
12. Ключников А.М., Уманский А.Б. Использование добавок фторидов при выщелачивании окисленных никелевых руд Урала // *Вестник ВСГУТУ*. 2013. № 3. С. 5–9.
13. Левенец О.О., Хайнасова Т.С., Балыков А.А., Трухин Ю.П. Высокотемпературное выщелачивание сульфидной руды месторождения Шануч растворами трехвалентного железа // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2016. № S31. С. 254–259.
14. Latkin A.S., Belova T.P. Use of technogenic and natural solutions in hydrometallurgical operations. *Journal of Mining Science*. 1998. Vol. 34. No. 2. P. 185–189.
15. Белова Т.П., Гавриленко Ю.С., Ершова Л.С. Адсорбция меди, никеля, кобальта и железа натуральным цеолитом из водных растворов в динамическом режиме // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014. № S2. С. 300–307.
16. Белова Т.П., Ершова Л.С. Сорбция цветных металлов из продуктивных растворов БХВ катионитом КУ-2-8 // *Естественные и технические науки*. 2018. № 4 (118). С. 98–102.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Долгих Д.Н., Мельникова А.С., Нугуманов Р.Ф., Семёнов С.И., Кострюкова Н.В.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа,

e-mail: office@ugatu.su, annamel7@mail.ru

В данной статье обобщаются основные преимущества интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации. В тексте освещаются возможные перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в разрезе некоторых отраслевых ниш. Особое внимание уделено рассмотрению вопроса в сфере экологии и на примере службы экстренной помощи. В статье представлен перечень задач мониторинга, которые можно будет решить с помощью беспилотных летательных аппаратов, и указана возможность не только сбора данных и сопровождения групп спасателей, но и взаимодействия с окружающей средой. В сфере экологии приведен дополнительный список направлений, в которых можно применять данные технологии. В работе сравниваются ключевые параметры тактико-технических характеристик двух представителей воздушной и наземной техники, используемой при мониторинге определенной местности. Проанализирована статистическая выборка данных, показателей реагирования на вызов в сфере пожаротушения и спрогнозированы аналогичные показатели при интеграции беспилотной авиации. По результатам данного моделирования построены диаграммы и сделаны соответствующие заключения. Одной из самых важных характеристик для беспилотных авиационных систем указывается возможность интерактивного получения информации с заданной территории. Анализ представленных в статье данных позволяет сделать вывод о существенной рационализации процессов мониторинга местности, сбора данных и эффективности распределения сил и средств при проведении аварийно-спасательных работ. В выводе указано, что ключевым преимуществом такой интеграции станет высокая вероятность снижения процента человеческих потерь и экономических расходов.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, мониторинг местности, экология, пожаротушение, мобильная авиация

BENEFITS OF INTEGRATING UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS INTO THE AIRSPACE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Dolgikh D.N., Melnikova A.S., Nugumanov R.F., Semenov S.I., Kostriyukova N.V.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: office@ugatu.su, annamel7@mail.ru

This article reviews the main advantages of integrating unmanned aerial systems into the airspace of the Russian Federation. The text highlights the possible prospects for the use of unmanned aerial vehicles in the context of some industry niches. Particular attention is paid to the consideration of the issue in the field of ecology and on the example of the emergency service. Also, this article presents a list of monitoring tasks that can be solved using unmanned aerial vehicles and indicates the possibility of not only collecting data and accompanying rescue teams, but also interacting with the environment. In the field of ecology, an additional list of areas in which these technologies can be applied is given. Further, the paper compares the key parameters of the tactical and technical characteristics of two representatives of air and ground equipment used in monitoring a certain area. A statistical sample of data, indicators of response to a call in the field of fire fighting was analyzed and similar indicators were predicted when integrating unmanned aircraft. Based on the results of this simulation, diagrams were constructed and appropriate conclusions were made. One of the most important characteristics for unmanned aerial systems is the possibility of interactively obtaining information from a given territory. The analysis of the data presented in the article allows us to conclude that there is a significant rationalization of the processes of monitoring the area, data collection and the efficiency of the distribution of forces and means during rescue operations. The conclusion also states that a key benefit of such integration will be a high probability of reducing the percentage of human losses and economic costs.

Keywords: unmanned aerial systems, terrain monitoring, ecology, firefighting, mobile aviation

В наши дни идея применения беспилотных авиационных систем (далее – БАС) в различных сферах жизни человечества обрела популярность и становится все более актуальной. Предполагается, что данные системы будут непрерывно проводить мониторинг заданных территорий, реализовывать сбор данных и обеспечивать интерактивную разведку с места, а также справляться с доставкой малогабаритных грузов в пункт назначения [1]. Рассмотрим

задачи, которые способны решить БАС при их успешной интеграции в воздушное пространство (рис. 1).

Из вышеприведенной схемы становится понятно, что беспилотные авиасистемы способны не только наблюдать с воздуха, но и взаимодействовать с окружающей средой посредством оснащения летательного аппарата разнообразными устройствами сканирования местности и вывода различных звуковых и световых сигналов.

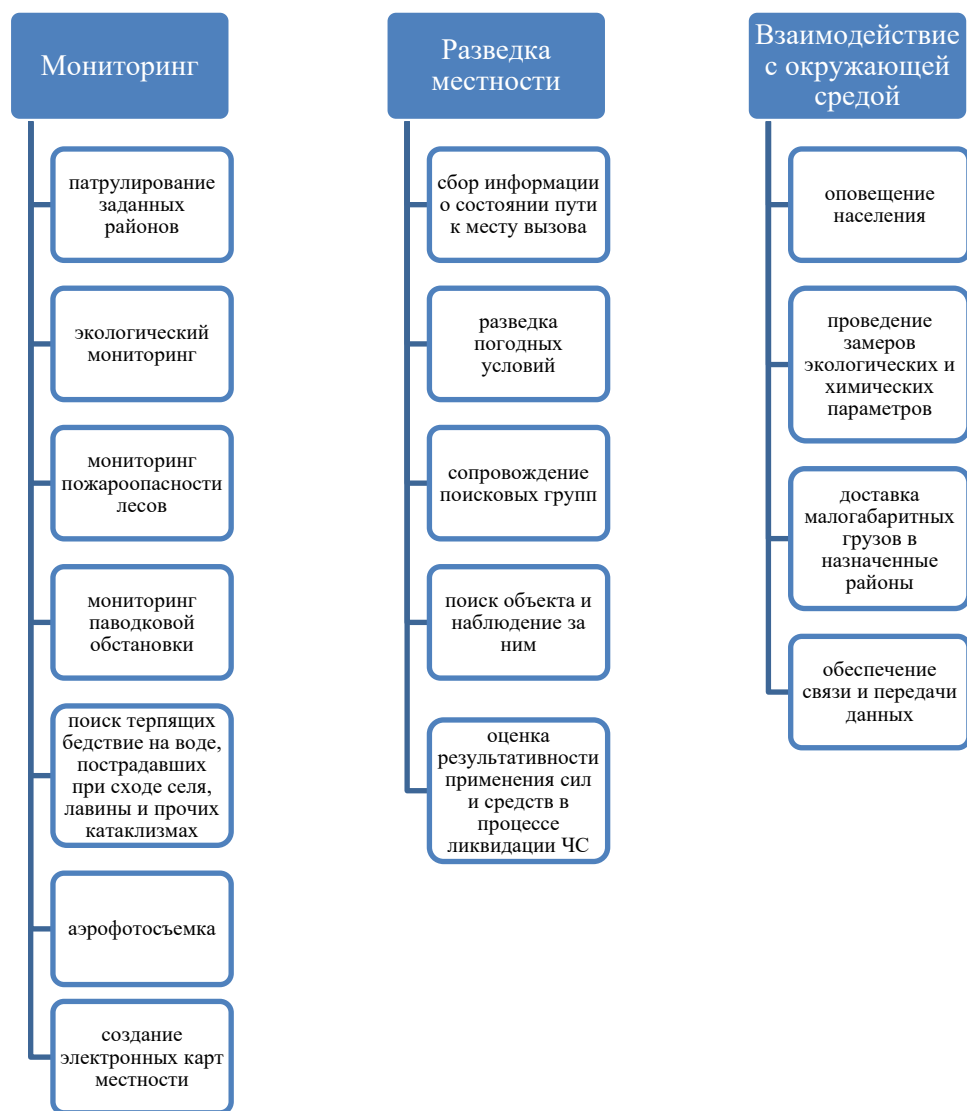


Рис. 1. Задачи беспилотных авиационных систем при интеграции в воздушное пространство

Выделим сферы, где БАС может оказать неоценимую поддержку с воздуха и существенно упростить жизнь персоналу, работающему в данных областях:

- службы экологического мониторинга;
- службы экстренной помощи.

Целью исследования является анализ эффективности внедрения беспилотных авиационных систем в данные отрасли.

Материалы и методы исследования

В экологическом мониторинге БАС используют в следующих направлениях [2]:

- учёт численности представителей фауны;
- картографирование и геодезия: спектральная и аэрофотосъемка;

– мониторинг состояния зон – эндемиков флоры;

– мониторинг рисков: проводится анализ зон, предрасположенных к стихийным бедствиям, экспресс-оценка чрезвычайных ситуаций и моделирование природных катаклизмов;

– контроль качества окружающей среды.

Беспилотные летательные аппараты применяют для оценки состояния посевных культур [3], выявления разливов экологически вредных веществ, целостности инфраструктуры определенной зоны, качества воздуха, несанкционированных свалок и других нарушений. Экологический мониторинг с помощью БАС имеет следующие преимущества:

- низкие экономические затраты;
- точность полученных результатов;
- свобода перемещения летательного аппарата;
- многоразовое применение;
- интерактивность получения информации.

Задача обнаружения и предотвращения чрезвычайной ситуации является одной из самых важных и заключается в том, чтобы достоверно установить факт наличия таковой и оперативно передать соответствующие координаты и данные с места происшествия [4]. Опыт проведения аварийно-спасательных работ, ликвидации последствий стихийных бедствий при участии БАС свидетельствует об их возрастающей роли и в структуре МЧС России.

На данный момент структура беспилотной авиации МЧС России представлена входящими в нее 80 организационно-контролирующими подразделениями и 170 подразделениями, эксплуатирующими БАС. Штатное количество специалистов составляет более 800 чел. В ведомственном авиапарке насчитывается около 400 единиц БАС.

Мониторинг местности с воздуха является неотъемлемой частью аварийно-спасательных работ и проводится в целях сбора

информации об объекте чрезвычайной ситуации. Это позволяет оценить обстановку и принять решение о соответствующем применении сил и средств [5].

Рассмотрим сравнительную таблицу параметров БАС и автоцистерн (АЦ) (табл. 1), являющихся ключевыми в разрезе мониторинга и разведки местности при пожаротушении. В качестве примера были взяты технические характеристики экземпляров, наиболее часто представленных в парке техники МЧС России.

Из табл. 1 видно, что средняя скорость грузовика в плотном потоке городского движения значительно уступает скорости передвижения по воздуху, а также по труднопроходимой местности, к тому же при выезде к месту вызова в АЦ грузится весь экипаж, в то время как для запуска БАС достаточно максимум двух человек – пилота и водителя. Используя приведенные данные и статистические данные МЧС России за 2020 г. (табл. 2), можно наглядно увидеть преимущества использования БАС.

Принимаем во внимание, что скорость передвижения БАС по городу на 56 % выше, а по сельской местности на 25 %, и применяем данный коэффициент к числовым показателям обработки вызова.

Таблица 1

Ключевые параметры технических характеристик
беспилотных авиационных систем и автоцистерн

Параметры		БАС Гранад ВА-1000	АЦ КамАЗ 43253
Эксплуатационная скорость, км/ч	Городские условия	54	24
	Сельская местность	54	40
Высота действия, м		1200	5,5
Проходимость		полная	частичная
Мобильность		полная	частичная
Обслуживающий персонал, чел		2	5
Цена, млн руб.		4	4,1

Таблица 2

Числовые характеристики обработки вызова

Условия пожара	Среднее время сообщения о пожаре, мин	Среднее время прибытия первого пожарного подразделения, мин	Среднее время свободного горения, мин	Среднее время занятости на пожаре, мин	Среднее время обслуживания вызова, мин
Все пожары	1,44	9,35	11,81	46,26	55,55
Городские условия	1,21	6,58	8,85	32,16	38,75
Сельская местность	1,66	12,37	14,98	57,27	69,46

Таблица 3

Причины гибели и травматизма личного состава при исполнении

Причины	Травмировано	Погибло
На пожаре, при проведении аварийно-спасательных и поисково-спасательных работ	2020	2020
ДТП при следовании на пожар /с пожара	8	2
Падение с высоты	10	0
Падение, обрушение конструкций	15	0
Нарушение эксплуатации техники и пожарно-технического вооружения	2	1
Поражение электрическим током	3	0
Воздействие экстремальных температур	4	1
Воздействие вредных веществ	1	0
Отравление продуктами горения	4	1
Взрыв газовых баллонов	2	1
Вспышка и выброс пламени	0	0
Повреждения в результате противоправных действий других лиц	0	0
Личная неосторожность	9	1
Воздействие режущих предметов	2	0
Иные причины и обстоятельства	5	1
ИТОГО	65	8

При участии в тушении пожара ежегодно травмируется и гибнет личный состав МЧС России. В табл. 3 показаны основные причины гибели и травматизма людей при исполнении должностных обязанностей [6, с. 13].

Учитывая, что по статистике соотношение ложных вызовов и пожаров в городе 1:1, а эксплуатация беспилотной авиации может заменить выезд экипажа на проверку ложных вызовов при условии покрытия города достаточным количеством пожарных отделений, можно допустить уменьшение числа травмированных и погибших вдвое. Смерть от таких причин, как падение с высоты, обрушение конструкций, воздействие экстремальных температур и вредных веществ, а также отравление продуктами горения является следствием недостатка оборудования при разведке местности и поиске пострадавших. При оснащении беспилотной аппаратуры тепловизионными модулями можно сделать допущение, что уменьшение количества смертей и травм по данным причинам составит 90 %.

Результаты исследования и их обсуждение

Применив коэффициенты процентного соотношения к статистическим данным,

можно построить диаграммы среднего времени прибытия (рис. 2) и среднего времени обслуживания вызова (рис. 3).

Данные на диаграммах наглядно показывают, что применение беспилотных систем в городских условиях окажется намного более эффективным, чем в сельской местности, из-за плотного дорожного движения. К тому же время прибытия первого пожарного подразделения на вызов является критически важным: от него зависит своевременность реагирования на чрезвычайную ситуацию, распределение сил и средств в дальнейшем и время обслуживания вызова в целом. Поэтому так важно максимально сокращать этот показатель всеми доступными средствами.

Согласно данным, представленным на рис. 2 и 3, можно заметить неоспоримое преимущество использования БАС. Беспилотные авиационные системы позволяют в короткие сроки прибыть и ликвидировать пожар, а значит, и снизить процент возможных пострадавших.

На рис. 4 наглядно представлено вероятностное улучшение статистики гибели и травм личного состава при проведении АСР с использованием беспилотных авиационных систем, оснащенных тепловизионными модулями.

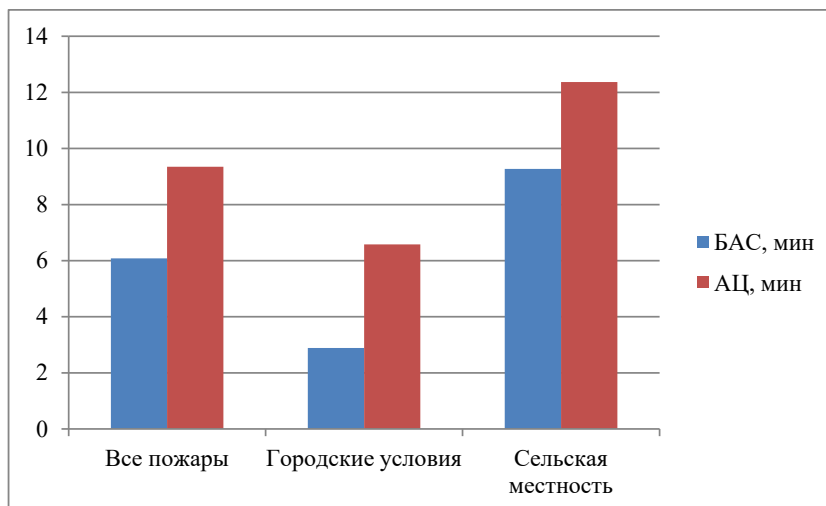


Рис. 2. Среднее время прибытия первого пожарного подразделения

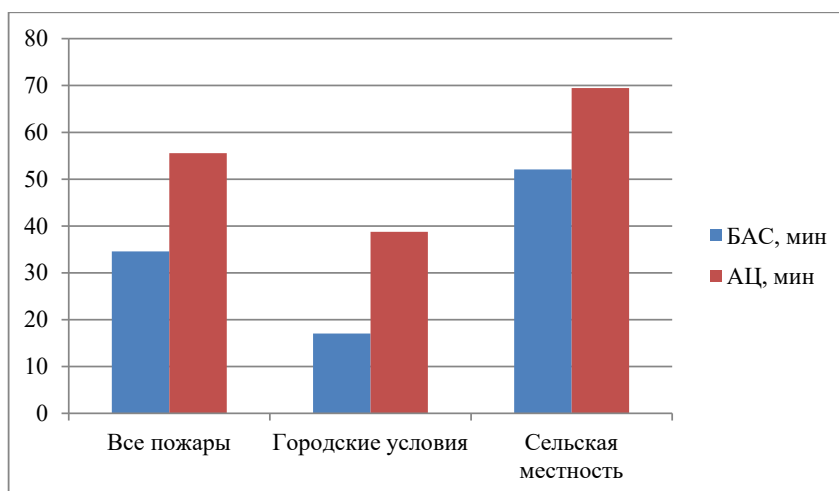


Рис. 3. Среднее время обслуживания вызова

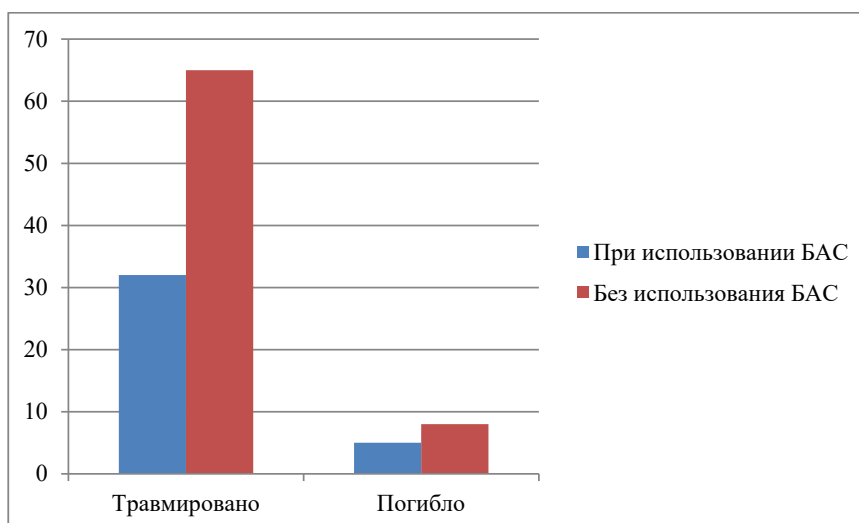


Рис. 4. Количество смертей и травм личного состава

Данные рис. 4 свидетельствуют о заметном сокращении количества смертей и травм личного состава.

Заключение

Из всего вышеизложенного становится очевидным, что повсеместная интеграция беспилотной авиации в данную структуру жизнеобеспечения окажет колоссальное воздействие на скорость сбора и передачи информации в координационные центры, что позволит существенно рационализировать применение сил и средств, а также значительно сократить потери людских ресурсов.

Таким образом, по результатам опыта применения БАС можно сделать вывод, что они являются одним из самых эффективных инструментов дистанционной разведки для получения объективной информации в реальном масштабе времени. Такие системы позволяют грамотно организовывать мероприятия по разведке и сбору данных на местности, управлять распределением сил и средств в случае чрезвычайной ситуации, оповещать население, производить

доставку малогабаритных грузов, а также проводить анализ экологического состояния заданной зоны.

Список литературы

1. Федосеева Н.А., Загвоздкин М.В. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов // Научный журнал. 2017. № 9 (22). С. 26–29.
2. Зосимович Н. Беспилотники для экологического мониторинга. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. 484 с.
3. Вторый В.Ф., Вторый С.В. Перспективы экологического мониторинга сельскохозяйственных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. № 92. С. 158–166.
4. Долгих Д.Н., Аксенов С.Г. Перспективы использования БЛА в сфере пожаротушения // Инновационные научные исследования. 2021. № 10–1 (12). С. 47–53.
5. Полехин П.В., Чебуханов М.А., Козлов А.А., Фирсов А.Г., Сибирко В.И., Гончаренко В.С., Четчина Т.А. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.
6. Евдокимов В.И., Путин В.С., Ветошкин А.А., Артюхин В.В. Обстоятельства производственного травматизма и гибели личного состава федеральной противопожарной службы МЧС России (2010–2020 гг.) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 5–19.

ВАРИАЦИИ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ИЗ-ЗА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПЛОЩАДКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Морозов А.В., Баранов В.Н., Андреев В.К.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва,
e-mail: morarte@yandex.ru

Рассмотрены вопросы влияния уровня грунтовых вод на результаты измерения силы тяжести, способы вычислений абсолютных значений силы тяжести. Получены числовые подтверждения вариаций силы тяжести в зависимости от сезона выполнения гравиметрических наблюдений вдоль реки, озера или водохранилища. Предложен вариант учета уровня грунтовых вод в качестве более детального варианта поправки за промежуточный слой (редукция Буге) по результатам геологических, геофизических, гидрологических и сейсмологических изысканий на площадке строительства уникальных зданий и сооружений (УЗиС). Подробное исследование грунта на площадке строительства позволит составлять детальные гравиметрические карты аномалий силы тяжести крупных масштабов на локальном участке строительства, что в свою очередь дает возможность вычислить уточненные аномалии высот и уклонения отвесных линий, вычислить реальную плотность топографических масс (δ), исходя от типа, влажности и пористости грунта. Сравнение вычисленных аномалий высот с гравитационными моделями Земли позволяет дать оценку их использования на площадке строительства. Точные данные по аномалиям высот и уклонениям отвесных линий разрешают вопрос вычисления поправок в результаты высокоточного нивелирования, напрямую переходить от геодезических высот, полученных спутниковыми методами, к нормальным. С увеличением количества сезонных наблюдений возможно спрогнозировать последующие мониторинговые наблюдения, вносить в результаты измерений поправки, что исключит ошибки при оценке осадки и деформаций зданий и сооружений и даст более ясную картину изменений движений зданий и земной поверхности. При прогнозировании будет полезен тот же комплексный подход, который использовался при вычислении поправки за влияние топографических масс.

Ключевые слова: грунтовые воды, сила тяжести, редукция Буге, аномалия высоты, аномалия силы тяжести, высокоточное нивелирование, геодезическая высота, нормальная высота

GRAVITY VARIATIONS CAUSED BY GROUNDWATER LEVEL IMPACT AT A SITE FOR CONSTRUCTION OF UNIQUE BUILDINGS AND STRUCTURES

Morozov A.V., Baranov V.N., Andreev V.K.

State University of Land Use Planning, Moscow, e-mail: morarte@yandex.ru

This paper addresses the impact of the groundwater level on gravity measurement results, and absolute gravity calculation methods. The authors obtained numerical evidence of gravity variations depending on the seasons of gravity measurements along a river, lake or water basin. The paper suggests how to incorporate the groundwater level (GWL) as a more detailed middle layer correction (Bouguer reduction) based on geological, geophysical, hydrological and seismological studies at a site for construction of unique buildings and structures (UBaS). Detailed soil studies at the construction site allow plotting large-scale maps of gravity anomalies at a local construction site to calculate more precise height anomalies and plumbline deviations, true density of topographic masses (δ) based on the soil type, water content and density. Comparison of the calculated height anomalies with Earth's gravity models will help in assessment of their use at the site. Precise data on height anomalies and plumbline deviations resolve a problem of calculating corrections to high-precision leveling results and makes it possible to switch directly from geodetic heights obtained by satellite methods to normal heights. With greater scope of seasonal observations, subsequent monitoring observations can be forecasted and corrections can be applied to measurements results in order to avoid errors when estimating settlements and deformations of the buildings and structures and understand changes in displacement of the buildings and ground surface more clearly. The same integrated approach as used for calculating topographic mass corrections will be useful in forecasting.

Keywords: groundwater, gravity, Bouguer reduction, height anomaly, gravity anomaly, high-precision leveling, geodetic height, normal height

При геодезическом сопровождении и строительстве уникальных зданий и сооружений (УЗиС) используются передовые технологии, связанные с использованием лазерных сканеров, спутниковых высокоточных многочастотных приемников, беспилотной аппаратуры для рекогносцировки

и получения картографического материала, а также высокоточные нивелиры и тахеометры. Для получения гравиметрической информации на площадке используются абсолютные и относительные гравиметры.

Интересен с научной точки зрения вопрос влияния непривливаемых явлений на силу

тяжести, насколько это влияние сильно на небольшом участке строительства УЗиС. Ответы на эти вопросы постараются дать составители данной статьи.

Целью исследования является подтверждение влияния уровня грунтовых вод на результаты измерения силы тяжести на строительной площадке УЗиС, расположенных в непосредственной близости от водоемов, получение аномалий силы тяжести и уклонений отвесных линий, их влияние на высокоточное нивелирование, отработка методик гравиметрических наблюдений, прогнозирование и оценка полученных результатов.

Материалы и методы исследования

Материал исследований был получен по результатам абсолютных гравиметрических наблюдений, данных от пьезометрических скважин и гидрологических постов, а также геологических и геофизических изысканий на площадке строительства УЗиС. В качестве гравиметра для определения абсолютных значений силы тяжести использовался абсолютный гравиметр ГБЛ-М.

Математическая обработка результатов производилась с применением следующих формул.

Среднее весовое значение силы тяжести в серии (g_p) определялось по формуле

$$g_p = \frac{\sum_{i=1}^N p_i g_i}{\sum_{i=1}^N p_i}, \quad (1)$$

где g_i – измеренные значения в каждой серии;

p_i – вес измеренной величины.

Вес измеренных значений силы тяжести вычислялся по известной формуле

$$p_i = \frac{C}{m_i^2}. \quad (2)$$

Средняя квадратическая ошибка (стандартное отклонение) среднего весового вычисляется по формуле

$$m_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N p_i (g_i - g)^2}{(n-1) \sum_{i=1}^N p_i}}, \quad (3)$$

Всего в исследовании участвовало три гравиметрических пункта. На каждом гравиметрическом пункте выполнялось не менее трех последовательных приемов наблюдений. Количество приемов регулировалось в зависимости от уровня микросейсмического шума. Измерения принимались в работу, если их отклонение не превышало двойной точности прибора согласно ГБЛ. Для ГБЛ технические характеристики прописаны в [1].

Фиксация изменения уровня грунтовых вод с 2019 по 2021 г. представлена на рис. 1.

По результатам гравиметрических наблюдений были получены итоговые значения абсолютных значений силы тяжести с учетом поправки за вертикальный градиент (редукция в свободном воздухе). Далее было выполнено сравнение результатов абсолютных измерений силы тяжести разных циклов наблюдений (таблица). Графическая иллюстрация представлена на рис. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее сильные отличия наблюдаются между циклами наблюдений, выполненных в марте и сентябре 2020 г. Сопоставляя полученные результаты с рис. 1, наблюдаем прямую зависимость с перепадами уровня грунтовых вод и изменением силы тяжести. По полученным данным изменение уровня воды на 8 м изменило силу тяжести на пятом гравиметрическом пункте на 50 мкГал, что соответствует изменению 6 мкГал на 1 м грунтовых вод.

Сравнение результатов абсолютных измерений силы тяжести между I и VI циклами наблюдений

Номер цикла	Разность силы тяжести на главных гравиметрических пунктах, мкГал		
	05	06	07
2–1 (октябрь 2019 – ноябрь 2019)	22	2	4
3–2 (март 2020 – ноябрь 2019)	-6	-19	-4
4–3 (март 2020 – сентябрь 2020)	-4	0	0
5–4 (сентябрь 2020 – апрель 2021)	-50	-5	-7
6–5 (апрель 2021 – сентябрь 2021)	30	19	15

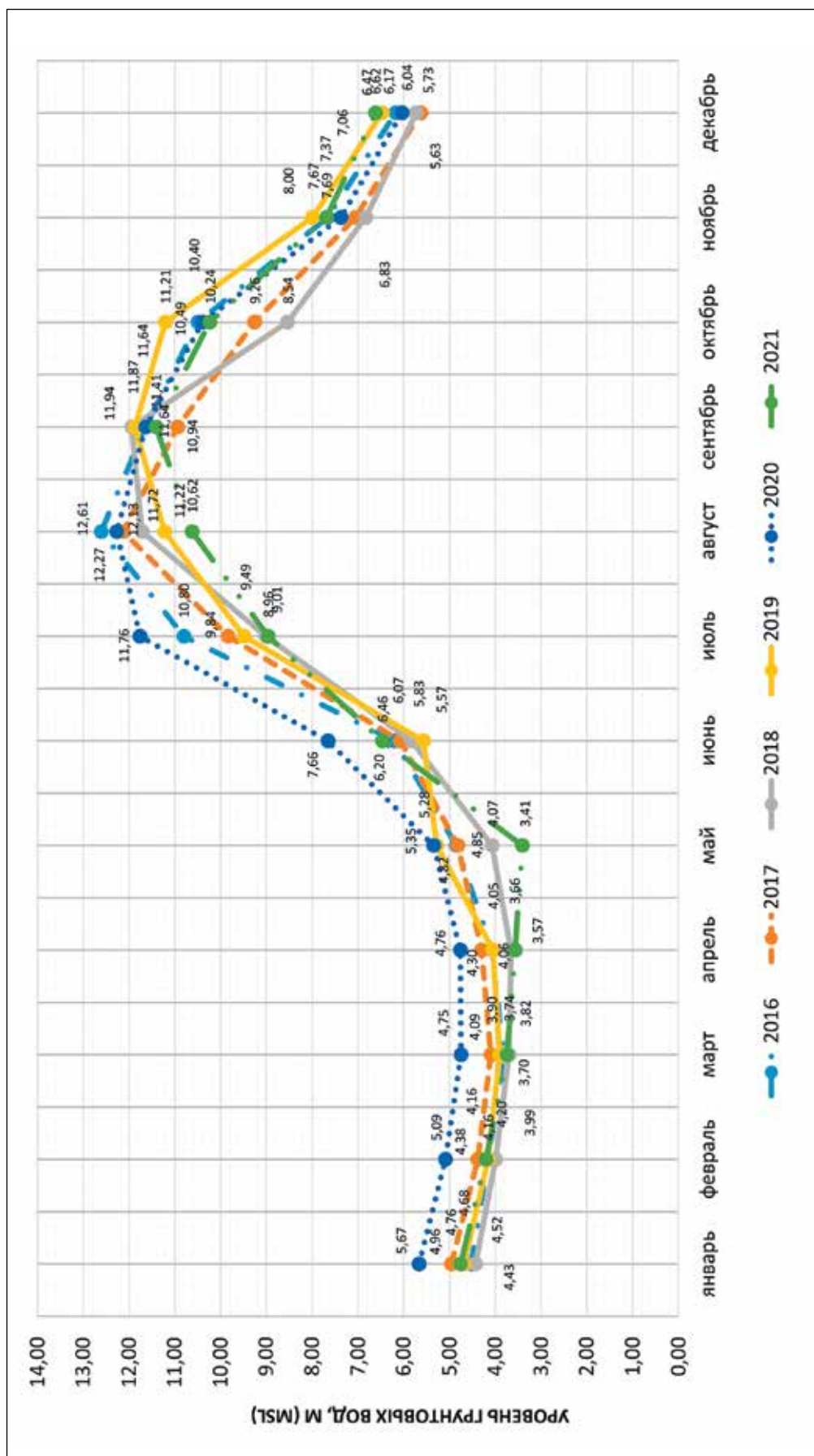


Рис. 1. Изменение уровня грунтовых вод в пьезометрических скважинах с 2016 по 2021 г. на площадке строительства УЗиС вблизи крупной реки

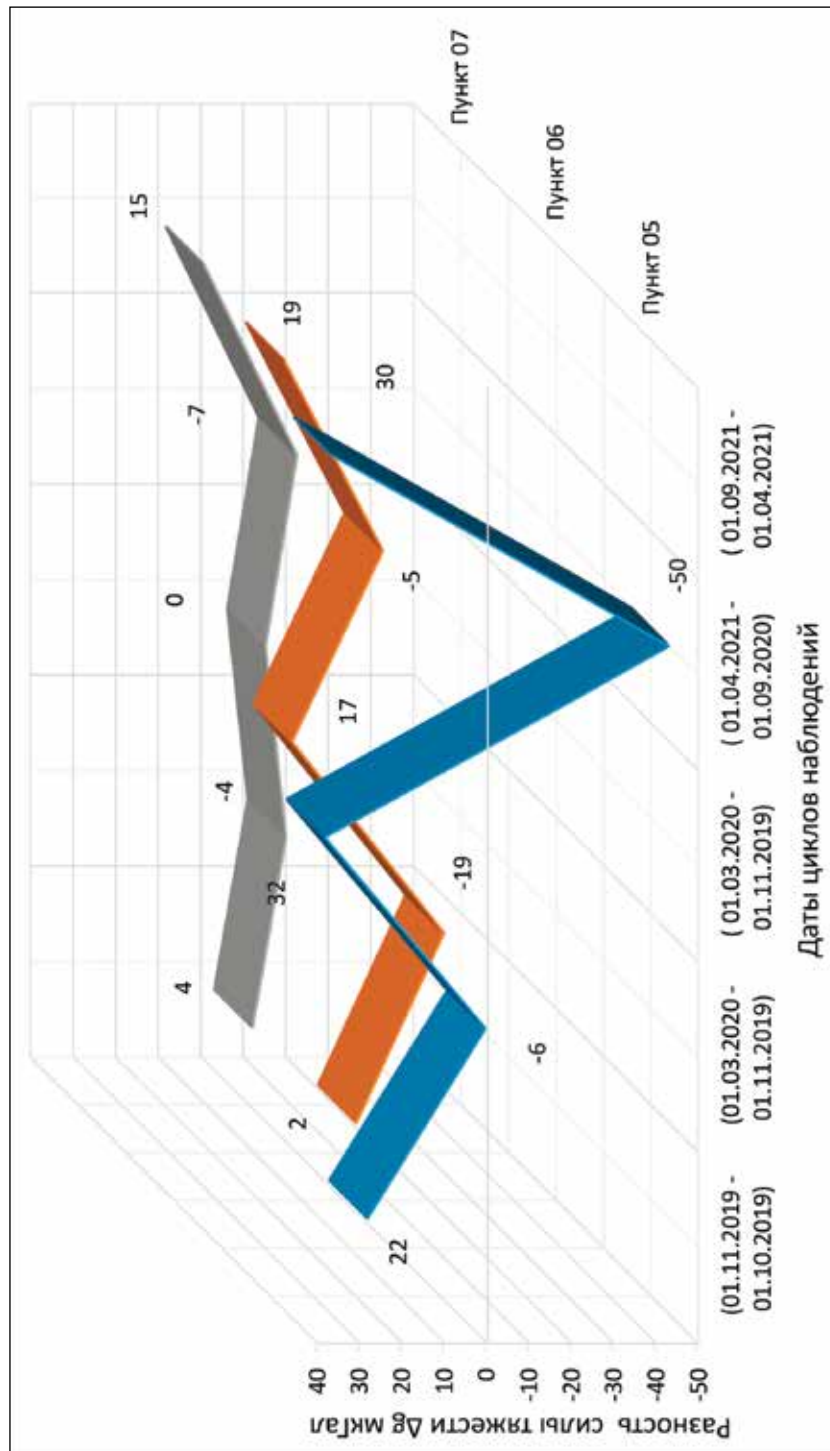


Рис. 2. Результаты сравнения абсолютных значений силы тяжести на главных гравиметрических пунктах в разные циклы наблюдений

Самым очевидным способом учета этих колебаний является детализация формулы поправки за топографические массы (редукция Буге):

$$\Delta g_B = 2\pi G \delta \Delta H_t^{cm} \quad (5)$$

где Δg_B – поправка за влияние топографических масс (аномалия Буге);

$G = 6,673 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г} \cdot \text{с}^2)$ – постоянная тяготения;

δ – плотность промежуточного слоя (обычно $\text{г}/\text{см}^3$);

ΔH_t^{cm} – толщина бесконечного плоскопараллельного слоя, см.

С учетом того, что грунт может сменяться водоносным слоем и наоборот, а также вычислив постоянные коэффициенты, общая формула может выглядеть так:

$$\Delta g_B = 0.42 \left(\sum_{n=1}^m \delta_n H_{II} + \sum_{B=1}^k H_B \delta_B \right), \quad (6)$$

где Δg_B – поправка за влияние топографических масс (аномалия Буге);

δ_n – плотность преобладающего грунта (обычно $\text{г}/\text{см}^3$);

δ_B – плотность водоносного слоя. Для чистой воды плотность $1,00 \text{ г}/\text{см}^3$, морской воды $1,03 \text{ г}/\text{см}^3$;

H_B – общая толщина водоносного слоя, см;

H_{II} – общая толщина грунта над поверхностью точки наблюдения, см.

Стоит отметить, что пункты расположены в непосредственной близости к реке и удалены от каких-либо дорог, что исключает вероятность внесения в результаты погрешностей.

Впоследствии по полученным данным возможно вычислить аномалии высот и уклонения отвесных линий для внесения конкретных поправок в результаты высокоточного нивелирования. Один из способов приведен в [2, с. 25–26, 89, 107]. Также существуют варианты использования не бесконечнопараллельного слоя, а сферического сегмента (рис. 3, формула (7)) [3, с. 25–28].



Рис. 3. Визуализация сферического и плоскопараллельного слоя

Формула Г.Г. Ремпеля:

$$\Delta_2 g_{Cф.сл} = 2\pi G \delta \left[\left(\frac{1}{3R^2} (R^3 - R_0^3 + dL - d_0 L_0) - R^2 \sin \alpha \cos \alpha \ln \frac{d + R - R \cos \alpha}{d_0 + R_0 - R \cos \alpha} \right) \right], \quad (7)$$

где $\Delta_2 g_{Cф.сл}$ – поправка за влияние топографических масс при сферическом сегменте (вариация редукции Буге);

$\alpha = \frac{S}{R_0}$ – угол сферического сегмента

$$R = R_0 + H ;$$

$$d = R\sqrt{2(1 - \cos \alpha)} ;$$

$$d_0 = \sqrt{R^2 + R_0^2 - 2RR_0 \cos \alpha} ;$$

$$L = R^2 (\cos \alpha + 3 \cos^2 \alpha - 1) ;$$

$$L_0 = R_0^2 + RR_0 \cos \alpha + 3R^2 \cos^2 \alpha - 2R^2.$$

Заключение

Многие авторы в своих трудах приводили влияние непараллельности уровенных поверхностей и учета этих поправок в измеренные превышения [4, с. 36]. В работах Юзефовича [5, с. 139, 140] также дана характеристика влияния уровня грунтовых вод на силу тяжести. Согласно его данным, изменение плотности грунта толщиной в 1 м на 0,2 г/см³ приведет к изменению силы тяжести на 8 мкГал, а подъем грунтовой воды на 1 м в слое песка с плотностью 0,4 г/см³ на 17 мкГал.

В результате проведенного исследования были получены численные подтверждения влияния изменения уровня грунтовых

вод на гравитационное поле на строительной площадке вблизи крупных водоемов. Перемещение массы воды влияет на гравитационное поле, изменяет наклон уровенной поверхности и создает упругие деформации земной поверхности [6]. В результате по вычисленным аномалиям можно вычислить уклонения отвесных линий и аномалии высот на строительной площадке [7].

Список литературы

1. ГКИНП (ГНТА)–04–252–01. Инструкция по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России. М.: ЦНИИГАиК, 2001. 67 с.
2. Кузьмин В.И. Гравиметрия. Новосибирск: СГГА, 2012. 163 с.
3. Бычков С.Г., Долгаль А.С., Симанов А.А. Вычисление аномалий силы тяжести при высокоточных гравиметрических съемках. Пермь: УрО РАН, 2015. 142 с.
4. Огородова Л.В. Нормальное поле и определение аномального потенциала. М.: 2012. 36 с.
5. Юзефович А.П. Поле силы тяжести и его изучение. М: МИИГАиК, 2014. 194 с.
6. Андреев В.К. Оценивание параметров локальной геодинамики геодезическими методами // X Международная научно-практическая конференция «Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка. На рубеже веков» (Москва, 14–15 февраля 2019 г.). [Электронный ресурс]. URL: <https://con-fig.com/wp-content/uploads/2019/02/Andreev-Vasilij-Kirillovich-AO-Atomenergoproekt-Otsenivanie-parametrov-lokalnoj-geodinamiki-geodezicheskimi-metodami.pdf> (дата обращения: 07.04.2022).
7. Елагин А.В. Теория фигуры Земли. Новосибирск: СГГА, 2012. 174 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК РЕЗУЛЬТАТ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Присс О.Г., Димитрюк Ю.С.

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт»,
Невинномысск, e-mail: olga1234.76@mail.ru

Рассмотрены аспекты внедрения BIM-технологии в инженерных изысканиях в виде информационной модели. Нет ясности, что такое информационная модель, как её надо делать инженерам-изыскателям. Раскрыты проблемы правильного предоставления данных из информационной модели в вычислительные системы. Требуется разработать единую информационную среду как основу для реализации технологий информационного моделирования, вместе с тем перейти на экспертизу проектной документации в виде информационной модели. Представлена возможная схема наполнения цифровых информационных моделей объектов капитального строительства. Обозначены проблемы, с которыми столкнулись изыскательские компании при переходе на информационное моделирование зданий, а также причины, по которым осложнен этот переход в короткие сроки. До внедрения обязательных требований к результатам 3D-съемки предстоит решить еще массу задач. Обозначены требования к подготовке цифровых информационных моделей объектов строительства в России. Применяя их, застройщик сможет сформулировать требования к информационной модели, обеспечить высокое качество проектной документации и результативность работы института строительной экспертизы в процессе перехода представления результатов изысканий в виде информационной модели. Рекомендации также создадут условия для разработки общего определения у проектировщиков, экспертов и разработчиков анализа требований и признаков информационной модели объекта. Указаны трудности, которые возникают с оформлением выполненных работ с помощью BIM-технологии и их дальнейшей публикацией. Кратко рассмотрены новые проекты и вышедшие нормативные документы, разъясняющие и регулирующие переход на информационное моделирование зданий. Рассмотрена российская позиция к информационному моделированию в части инженерных изысканий.

Ключевые слова: нормативные документы, техническое задание, BIM-технологии, информационная модель, инженерные изыскания, нормативно-техническая база

INFORMATION MODEL AS A RESULT OF ENGINEERING SURVEYS

Priss O.G., Dimitryuk Yu.S.

Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, Nevinnomyssk, e-mail: olga1234.76@mail.ru

Aspects of implementation of BIM-technology in engineering surveys in the form of information model are considered. It is not clear what the information model is, how it should be done by survey engineers. Problems of correct provision of data from information model to computing systems are disclosed. It is required to develop a unified information environment as the basis for the implementation of information modeling technologies, at the same time switch to the examination of design documentation in the form of an information model. A possible scheme of filling digital information models of capital construction facilities is presented. The problems encountered by survey companies during the transition to information modeling of buildings, as well as the reasons why this transition is complicated in a short time, are identified. Before introducing mandatory requirements for 3D survey results, there are still a lot of tasks to solve. Requirements for the preparation of digital information models of construction facilities in Russia are outlined. Using them, the developer will be able to formulate requirements for the information model, ensure the high quality of design documentation and the effectiveness of the institute of construction expertise in the process of transitioning the presentation of research results in the form of an information model. The recommendations will also create conditions for the development of a common definition among designers, experts and developers of analysis of requirements and characteristics of the object information model. The difficulties that arise with the preparation of work performed using BIM-technology and their further publication are indicated. New projects and published regulatory documents explaining and regulating the transition to information modeling of buildings are briefly considered. The Russian position on information modeling in terms of engineering surveys has been considered.

Keywords: regulatory documents, terms of reference, BIM-technologies, information model, engineering surveys, regulatory and technical base

Все результаты инженерных изысканий по бюджетным проектам, разработка которых началась с 1 января 2022 г., необходимо представлять в формате информационной модели (информационное моделирование зданий (BIM-технологии)). Но нет ясности, что такое информационная модель в инженерных изысканиях. Что такое информационная модель – вопрос, который волнует

специалистов, проектировщиков, изыскателей и в конечном счете заказчиков [1].

Цель исследования – определение уровня реализации предъявляемых требований к инженерно-изыскательской отрасли предоставления результатов инженерных изысканий в виде информационной модели.

Обозначенная острота проблемы может быть решена внедрением и наполнением

цифровых информационных моделей объектов капитального строительства, определением возможного состава и алгоритмов, закономерностей функционирования системы. В основу положен текущий анализ состояния цифровизации инженерно-изыскательской отрасли.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования применялись следующие методы:

1. Анализ нормативно-правовой документации, регулирующей и разъясняющей переход на информационное моделирование зданий.

2. Обзор и обобщение применяемых методов информационного моделирования зданий инженерно-изыскательской отрасли, отражающих текущее состояние цифровизации.

3. Моделирование с целью оптимизации следующих процессов:

- комплектования требований к заполнению данных проектной документации;
- инженерных изысканий по объектам капитального строительства;
- экспертизы проектной документации.

В основу положен пример наполнения цифровых информационных моделей объектов капитального строительства.

Существует не менее 20 определенных термина «информационная модель». На сегодняшний день в России в градостроительном законодательстве имеется определение информационной модели, согласно которому «информационная модель объекта капитального строительства – это совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и/или сноса объекта капитального строительства».

Такое определение не предполагает создания ни цифровых двойников, ни трехмерных моделей [2, 3]. Законодатели установили, что информационная модель – это комплект увязанных между собой материалов, сведений и документов. В процессе всего жизненного цикла объекта капитального строительства должна составляться информационная модель, исходя из этого определения.

Помимо всего прочего, нет информации или ссылок на так называемые цифровые

модели, цифровые двойники и другие термины и определения, которые использовались и используются при создании информационной модели [4]. На юридическом языке информационная модель представляет собой совокупность связанных сведений, документов и материалов.

Изыскателям, согласно Градостроительному кодексу, являющемуся базовым документом для экспертов, не нужно делать никаких трехмерных моделей.

Как предусмотрено в законе, «если застройщик или технический заказчик обеспечивает формирование и ведение информационной модели, результаты инженерных изысканий подготавливаются в форме, позволяющей осуществлять их использование при формировании и ведении информационной модели». Необходимо подготовить результаты исследования в том виде, в котором возможно их использование при формировании информационной модели. Отсутствуют требования к формированию так называемой информационной модели в инженерных изысканиях. Другими словами, необходимо использование машиночитаемых форматов.

Однако есть еще нюансы, которые приводят к неправильному пониманию ситуации. Согласно Постановлению Правительства РФ № 1431, к информационной модели должен быть приложен документ о выполненных инженерных изысканиях в виде трехмерной модели. Кроме этого, информационная модель должна включать в себя информационную модель, графическая часть которой выполнена в виде трехмерной модели [5].

В соответствии с Градостроительным кодексом, заказчики могут потребовать, чтобы инженерные изыскания были выполнены в виде трехмерной модели. Действительно, соответствующая норма есть не в законе, а в нескольких сводах правил. В них содержится прямое указание на то, что инженерно-гидрометеорологические изыскания и инженерно-геологические изыскания приводятся в виде трехмерной модели, но исключительно в целях дальнейшего анализа этой информационной модели.

По этой причине при применении Постановления Правительства РФ № 1431 при формировании информационной модели и ее последующей оценке необходимо учитывать весь комплект документов, то есть требования к результатам инженерных изысканий, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 20,

Градостроительным кодексом, а также сводами правил.

Вместе с тем это правило носит рекомендательный характер и позволяет при формировании информационной модели результатов инженерных изысканий выполнить в виде документов, сведений и материалов. Это приоритетное положение, закрепленное в Градостроительном кодексе.

От изыскателей не может быть потребовано предоставление результатов изысканий в виде трехмерной модели. Подобные требования в техническом задании незаконны [6, 7].

Адаптация требований к подготовке цифровых информационных моделей объектов строительства в России началась. Применяя их, застройщик сможет сформулировать требования к информационной модели, обеспечить высокое качество проектной документации и результативность работы института строительной экспертизы в процессе перехода представления результатов изысканий в виде информационной модели. Рекомендации также создадут условия для разработки общего определения у проектировщиков, экспертов и разработчиков анализа требований и признаков информационной модели объекта [8].

В данный момент вопрос, могут ли BIM-технологии быть представлены без использования 3D технологий, уже не поднимается. Общепринято использовать диаграмму Бью – Ричардса, и ее пока нечем заменить, и пока нет в этом особой потребности. Именно ее проектировщики предоставляют заказчикам как результат работы. Обе стороны довольны этими результатами и визуализацией таких работ, хотя часть из них может реализовываться без них. Так, если объект капитального строительства представлен в трехмерном пространстве, то и его информационная модель должна быть представлена в трехмерном виде. Но, с другой стороны, если в определении не указана обязательная трехмерная составляющая, то ею можно и пренебречь.

Информационная модель тем и интересна, что дает трехмерную визуализацию, информацию об объекте. Эта информация и является этим наглядным способом, на который и рассчитывается успех применения BIM-технологии. Для объектов капитального строительства необходимо заложить эту «совокупность сведений» в виде 3D модели. При этом условии необходимый результат будет достигнут.

Алгоритмы целостности такой визуализации возможны, если они на разных этапах не будут друг с другом вступать в противоречие. На каком-то этапе может информация быть представлена в виде 3D модели, а на каком-то – в виде информационной модели. Здесь нужно правильно выбрать модель, которая в большей степени будет информативна и отразит все поставленные задачи. Позволит извлечь выгоду из BIM как раз привязка ее структуры к элементам 3D модели объекта капитального строительства. Вследствие применения BIM-технологий заметно сокращаются затраты на исправление ошибок проектирования и строительства, уменьшаются сроки строительства, повышается производительность труда на объектах.

Результаты исследования и их обсуждение

Требуется разработать единую информационную среду как основу для реализации технологий информационного моделирования, вместе с тем перейти на экспертизу проектной документации в виде информационной модели.

Российская позиция по информационному моделированию создает некое разногласие в профессиональном сообществе, которое уже давно настроено переходить на BIM в том формате, в котором он реализуется за рубежом, в частности в Великобритании. Эта страна заслуженно является одной из основоположниц государственного регулирования и стандартизации этой технологии [9].

Это требует сотрудничества заинтересованных лиц в комплектовании требований, к заполнению данных проектной документации и результатов инженерных изысканий по объектам капитального строительства, созданных в виде информационной модели. Россия снова решила пойти по собственному специальному пути, не приняв разработанную и успешно применяемую зарубежную практику.

Что касается инженерных изысканий, то их предоставление в виде 3D-модели имеет значение только тогда, когда дальнейшие цели будут поставлены участниками проектной деятельности и эти цели будут успешно реализованы в 3D-моделях. Это может быть, например, автоматическое составление графической части проектного решения вместе с геологическим разрезом. Но для этого необходимо конкретно подготовить алгоритм действия 3D-элементов

из слоев в геологических скважинах, при этом данные слои корректно должны воспроизводиться на геологическом разрезе. Имеющиеся алгоритмы в большей степени не соответствуют этому подходу [10].

Другой возможной задачей является разработка данных для расчетных схем при одновременном расчете строительных конструкций и фундаментов зданий. Здесь также вопрос остается открытым. Правильное предоставление данных из информационной модели в вычислительные системы. Еще не найдено решение даже для конструкций «выше нуля». Основание под фундаментом – это всегда сложный расчетный элемент, который, как правило, состоит из нескольких элементов сложных состояний и различных свойств. Обязательно учитывается напряженно-деформированное состояние грунтов толщ, их характер действия на соседние строения, на различную глубину. Рассматривается воздействие и влияние подземных и грунтовых вод на грунтовую толщу. Специфические грунтовые условия с разными влажностными показателями и их работу с действующей нагрузкой на толщу грунтов. Опасные геологические процессы и явления, действующие на объект капитального строительства, а также сейсмичность площадки строительства. Поэтому до внедрения обязательных требований к результатам 3D-съемки предстоит решить еще массу задач.

Наполнение цифровых информационных моделей объектов капитального строительства может быть следующим (рис. 1):

1. Формирование понятий. Алгоритм анализирует требования, предоставленные в распознаваемом формате, задает границы, в масштабах которых нейронная сеть, обученная на понятиях подобных объектов, предлагает несколько вариаций на выбор. Скорее всего, настройка границ и масштабов будет похожа на выбор нейросети определенного алгоритма на основе набора требований.

Важным условием является наличие требований в машиночитаемом формате. Это относится к исходным требованиям, прежде всего к внешним, то есть касается всего комплекта нормативных документов. Перевести их в распознаваемый формат необходимо так, чтобы одновременно решить задачу согласования внутреннего содержания: каждый новый нормативный документ проверяется на соответствие с уже имеющимися в базе данными перед его внедрением. Если обнаруживается неоднозначное трактование ситуации, такой документ не допускается к действию в базе. Поскольку алгоритмы не люди, они не смогут подготовить один генплан для экспертизы, а другой для ГИБДД, так как у них разные требования к наличию парковки.

2. Определение лучшего варианта – чисто алгоритмическая задача. На соответствие всех параметров каждый вариант проверяется и выбирается лучший. Для такого выбора исходные требования должны содержать критерии, которым должен соответствовать проект, явно и в порядке приоритета. В противном случае алгоритм здесь не работает.

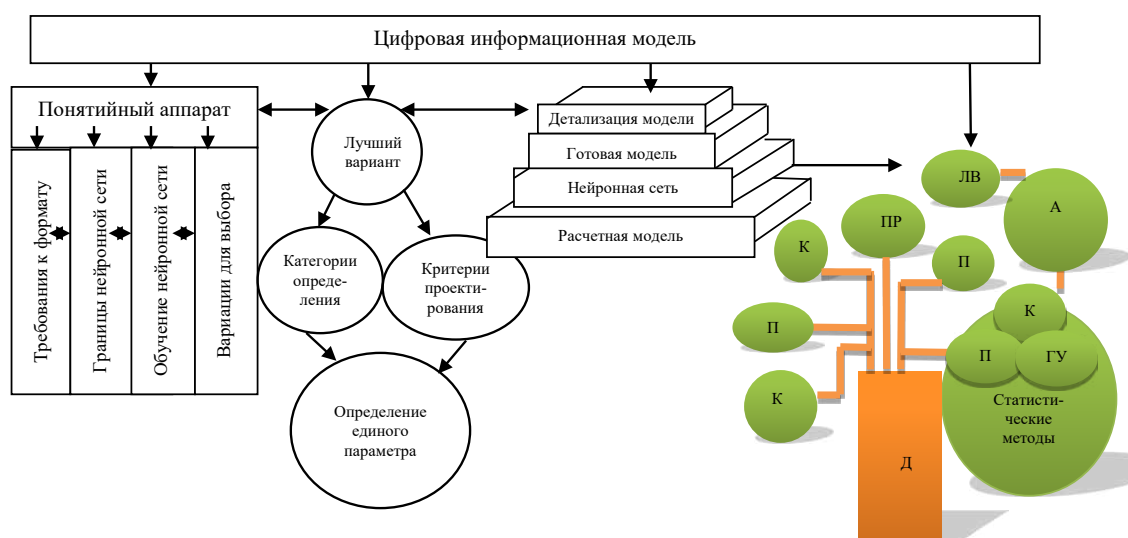


Рис. 1. Цифровая информационная модель:
Д – дерево проектных решений, К – критерии, П – параметры, ПР – проверка,
ЛВ – лучший вариант, А – алгоритм проверки, ГУ – граничные условия

На сегодняшний день критерии проектирования учитываются не в полном объеме и их первоочередность не везде одинаковая. Поэтому, как будет правильно, многие решают по-разному. Скорее всего, для получения единого параметра правильности необходимо анализировать большие объемы данных по инженерным изысканиям.

3. Детализирование моделей. Заполнение требований: алгоритмическое заполнение готовой модели на основе данных концептуального шаблона предыдущего этапа. Следующий алгоритм, принявший за основу готовую модель, определяет границы для одобрения проектного решения.

Таким образом, в рамках заданных границ, включающих внешние, внутренние и исходные требования, подбирается нейросеть, соответствующая заданным характеристикам с родственными требованиями, например:

- а) нейронная сеть генерирует модели;
- б) модели используются для расчета (с использованием того же программного обеспечения, которое уже используется).

На этом этапе нейронной сети необходимо выполнять оценку адекватности выбранного расчета, чтобы исключать ошибки при наполнении расчетных схем. Модели, не удовлетворившие указанным критериям, удаляются из алгоритма, а прошедшие отбор далее формируют необходимые граничные условия.

4. Дерево проектных решений. В результате таких действий формируется дерево проектных решений и по большому количеству критериев выбирается наилучший вариант.

Так, выбранный вариант снова подвергается проверке на соответствие выставленным критериям и параметрам, а также граничным условиям соответствия исходным

и внутренним требованиям, с обработкой статистическими методами. Если в процессе детализирования моделей такая жесткая проверка уже заложена в алгоритме, то при формировании «дерева» могут и появиться различные проходные варианты, так как используется большой массив информации.

На этом этапе можно выполнить алгоритмическую проверку на соответствие всему. На заключительном этапе подписания и выставления подписей, когда в программе моделирования находятся стандарты выдачи результатов моделирования, возникают трудности с оформлением выполненных работ и их дальнейшей публикацией.

Для выполнения этих задач необходимо преодолеть следующие проблемы:

1. Нейронную сеть необходимо обучить размечать данные на достаточно больших наборах.

Необходимо собирать наборы и размечать данные. Сбор данных может производиться пользователями вручную, давая им возможность загружать свои проекты в облачные сервисы (как сейчас делает Autodesk, например, со своим Construction Cloud), а размечать их соответствующим образом – пока задача нерешенная, неавтоматизированная (рис. 2, а).

Данных большое количество, и все они классифицируются по-разному. Ручная разметка требует много времени и соответствующей квалификации (инженер-геолог, геотехник). Пока этот коммерческий вопрос остается открытым. Создание подобных наборов произойдет после подтверждения возможностей нейронных сетей, тогда и появятся конкретные результаты.

До сих пор никто не верил в нейронные сети настолько, чтобы начать вкладывать большие деньги в создание таких наборов.

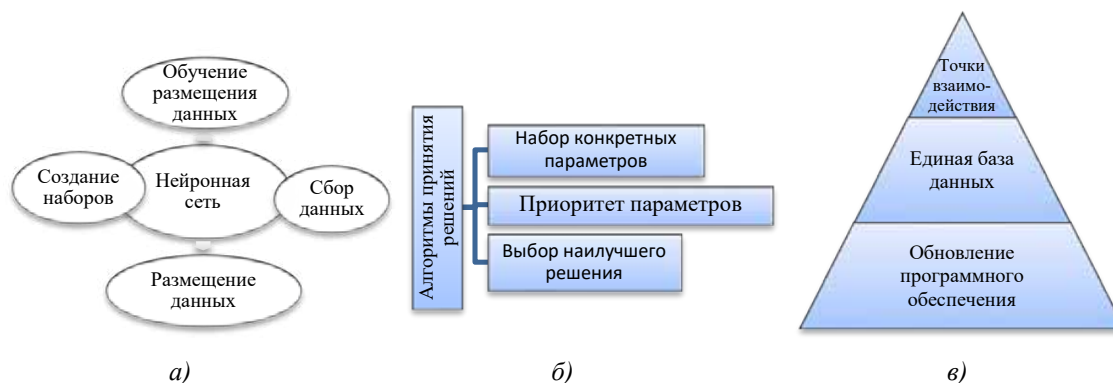


Рис. 2. Проблематика наполнения цифровой информационной модели:
а – формирование наборов данных,
б – алгоритм принятия решений, в – алгоритм эффективной работы

2. Алгоритмы, генерирующие большое количество вариантов проектных решений, требуют набора конкретных параметров на входе, а для выбора наилучшего решения – приоритизации этих параметров (рис. 2, б).

Для регистрации внешних требований не обойтись без машиночитаемого формата нормативных документов. Процесс по организации машиночитаемых регламентов уже начат, но его введение в действие нуждается в больших средствах, а также содействии и понимании смысла заданного события на всех уровнях власти. Сейчас только начинается этот путь.

3. Для эффективной работы все системы обязаны обладать общими точками взаимодействия, требовать единую базу данных, а обновления программного обеспечения не должны препятствовать моделям версии принятого образца (рис. 2, в).

Заключение

Уровень реализации предъявляемых требований к инженерно-изыскательской отрасли зависит от комплексной составляющей, отражающей готовность внедрения информационных моделей. От изыскателей не требуется предоставление результатов изысканий в виде трехмерной модели. Подобные требования в техническом задании незаконны.

Проанализировав текущее состояние цифровизации инженерно-изыскательской отрасли, можно выделить следующие отсутствующие элементы единой информационной среды:

- нормативно-техническая база для применения информационных моделей;
- типовые технические требования по применению информационных моделей;
- методики расчета затрат на применение информационных моделей;
- регламенты экспертизы проектной документации по применению информационных моделей;
- регламенты контрольно-надзорной деятельности за применением информационных моделей;
- программное обеспечение для создания информационных моделей.

В настоящее время, насколько нам известно, универсального программного обеспечения никто не создал. Необходима «BIM-модель», которая позволит получить:

- расчеты;
- определение стоимости проектирования;
- оформление графики.

Разработчикам необходимо стремиться к интероперабельности и возможности взаимодействия программного обеспечения с такой «BIM-моделью». Разработать открытый стандарт, в котором модели могут делиться информацией между собой. Но и здесь предстоит еще много работы: некоторые стандарты несовместимы, а более подходящие достаточно часто закрыты. Они выгодны для конкретных поставщиков и поэтому вряд ли будут обнародованы в будущем.

Список литературы

1. Ледовских Л.И., Карпиняну Е. Нормативно-техническая база по применению BIM-технологии на начало 2021 года // Инженерный вестник Дона. 2021. № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964 (дата обращения: 11.04.2022).
2. Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.В. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии) // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4057 (дата обращения: 11.04.2022).
3. National Building Information Modelling Standard, 2007. National Institute of Building Sciences, buildingSMART Alliance. P. 182.
4. Старцев Р.К. Уровни внедрения BIM-технологий // Научный аспект. 2020. Т. 8. № 4. С. 1028–1032.
5. Скворцов А.В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM. Томск: ТГУ, 2016. 45 с.
6. Kuzmina T., Cherednichenko N. Systematization of the major stages of the client in certain branches of construction production. MATEC Web of Conferences, 5th International.
7. Присс О.Г. Современное состояние экспертизы и оценки недвижимости в г. Невинномысск Ставропольского края // Кавказский диалог. Невинномысск: НГГТИ, 2012. С. 199–201.
8. Присс О.Г., Овчинникова С.В. Судебная строительная экспертиза в Российской Федерации // Инженерный вестник Дона. 2014. № 3 (30). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2505 (дата обращения: 11.04.2022).
9. Присс О.Г. Строительные стандарты в системе сертификации ISO Инженерный вестник Дона. 2016. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3713 (дата обращения: 11.04.2022).
10. Горчханов Ю.Я., Николенко Н.С., Гушина Ю.В. Организационно-технологические особенности управления строительными проектами на основе BIM-моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6210 (дата обращения: 11.04.2022).