

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300

Журнал издается с 2001 г.

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

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

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

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

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

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

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

Подписано в печать – 29.01.2021

Дата выхода номера – 28.02.2021

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

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

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 8,63

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/1-2021

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

ОЦЕНКА ГЕНОТИПОВ ГРУШИ (<i>PYRUS COMMUNIS</i> L.) ПО ПОМОЛОГИЧЕСКИМ И БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ	
<i>Бабаева Н.С.</i>	5
ОПТИМУМ ПРОИЗРАСТАНИЯ ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ	
<i>Майорова Л.А., Петропавловский Б.С.</i>	13
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ КОРМОВ В ОДНОВИДОВЫХ И ПОЛИВИДОВЫХ ПОСЕВАХ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	
<i>Родина Т.В., Бочкарева Ю.В., Асташов А.Н., Каменева О.Б., Поминов А.В., Бабушкин Д.Д.</i>	20
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	
<i>Уразова А.Ф., Нагимов З.Я.</i>	26

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ЛОКАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОИДА ДЛЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕГИПТА	
<i>Баранов В.Н., Елишеви М.А., Эль Мокдад Б.Р., Фунг Ч.Т.</i>	32
ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «САЛАИР» ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИХ ТУРОВ	
<i>Важов С.В., Важов В.М., Яськов М.И., Черемисин А.А.</i>	39
ГУМАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	
<i>Волкова А.В., Глушенкова К.В., Петрова Е.Н.</i>	45
ЛАНДШАФТНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ АССОЦИИ ПИТАНИЯ ЛЕСНОГО БИЗОНА В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ»	
<i>Николаев А.А.</i>	51
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ В ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ КАТИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III)	
<i>Полецук И.Н., Пинигина И.А., Решетова А.А., Полецук В.В.</i>	58
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ	
<i>Поморцева А.А., Карасев М.А., Поспехов Г.Б.</i>	63

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES

EVALUATION OF PEAR (<i>PYRUS COMMUNIS</i> L.) GENOTYPES BY POMOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN AZERBAIJAN <i>Babaeva N.S.</i>	5
OPTIMAL THE GROWTH OF FIR-SPRUCE FORESTS IN THE PRIMORSKY TERRITORY <i>Mayorova L.A., Petropavlovsky B.S.</i>	13
SOME ASPECTS OF HIGH-QUALITY FEED PRODUCTION IN SINGLE-SPECIES AND MULTI-SPECIES CROPS IN THE LOWER VOLGA REGION <i>Rodina T.V., Bochkareva Y.V., Astashov A.N., Kameneva O.B., Pominov A.V., Babushkin D.D.</i>	20
CURRENT STATE OF PROTECTIVE FOREST STANDS ALONG THE SVERDLOVSK RAILWAY <i>Urazova A.F., Nagimov Z.Ya.</i>	26

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES

RESEARCH ON CREATING LOCAL GEOID MODELS FOR THE COASTAL TERRITORIES OF EGYPT <i>Baranov V.N., Elshevi M.A., El Mokdad B.R., Fung T.T.</i>	32
TERRITORIAL ASSESSMENT OF SALAIR NATIONAL PARK FOR THE IMPLEMENTATION OF ORNITOLOGICAL TOURS <i>Vazhov S.V., Vazhov V.M., Yaskov M.I., Cheremisin A.A.</i>	39
HUMANIZATION OF PUBLIC SPACES AS A WAY TO INCREASE THE QUALITY OF THE URBAN ENVIRONMENT <i>Volkova A.V., Glushenkova K.V., Petrova E.N.</i>	45
LANDSCAPE AND PLANT NUTRITION ASSOCIATIONS OF FOREST BISON IN THE LENA PILLARS NATIONAL PARK <i>Nikolaev A.A.</i>	51
USE OF MINERALS IN THE TREATMENT OF NATURAL AND WASTEWATER FROM IRON (III) CATIONS <i>Poleschuk I.N., Pinigina I.A., Reshetova A.A., Poleschuk V.V.</i>	58
ENGINEERING AND GEOLOGICAL SUPPORT OF THE STABILITY OF THE HEAP LEACH PAD <i>Pomortseva A.A., Karasev M.A., Pospekhov G.B.</i>	63

СТАТЬИ

УДК 634.13:632.3/4(479.24)

**ОЦЕНКА ГЕНОТИПОВ ГРУШИ (*PYRUS COMMUNIS* L.)
ПО ПОМОЛОГИЧЕСКИМ И БИОХИМИЧЕСКИМ
ПОКАЗАТЕЛЯМ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

Бабаева Н.С.

Институт генетических ресурсов НАНА, Баку, e-mail: nazli.bva@mail.ru

В данном исследовании для оценки 55 генотипов груши были использованы 11 помологических и биохимических показателей. В течение трех лет проводилась оценка генотипов груши из шести районов Азербайджана и были получены их средние показатели. В результате помологических анализов были определены следующие показатели: длина плода, диаметр плода, индекс формы плода, масса плода, общее содержание сахара, длина плодоножки, длина листа, ширина листа, длина листового стебля, масса семян и число семян. Основываясь на этих признаках, по пакету программы SPSS был проведен статистический анализ результатов. Из исследуемых признаков масса плода, длина плода, диаметр плода и общее содержание сахара показали высокую ширину SPSS вариации. С целью изучения близости среди образцов, на основании индекса Евклидова расстояния, пакета статистической программы SPSS, был проведен кластерный анализ и составлена дендрограмма. Образцы были сгруппированы в пять основных кластеров. По пакету статистической программы SPSS определяли зависимость между признаками, корреляционным анализом была выявлена однопроцентная положительная корреляция, а также между показателями диаметра и массы плода отмечен самый высокий коэффициент корреляции Пирсона ($r = 0,712$). Между исследуемым признаком массы плода и большинством других признаков, измеряемых массой, наблюдалась высокозначимая положительная корреляция. Проводилась оценка генотипов по индексу Евклидова расстояния, по этому индексу самыми близкими оказались сорта Ахмедгазы (13), собранные из Губинского района, и сорта Летний Вильямс (30), собранные из Гянджи (1,36), а самыми дальними были сорта Билдирчинбуду (1), собранные из Губы, и сорт груши Емиш (2) (187,81). Таким образом, было установлено, что распространенные в Азербайджане местные и интродуцированные генотипы груши имеют высокое генетическое разнообразие.

Ключевые слова: *Pyrus Communis* L., разнообразие, кластерный анализ, индекс расстояния, корреляция, помология, анализ основных компонентов

**EVALUATION OF PEAR (*PYRUS COMMUNIS* L.) GENOTYPES
BY POMOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN AZERBAIJAN**

Babaeva N.S.

Genetic Resources Institute, ANAS, Baku, e-mail: nazli.bva@mail.ru

In this study, in order to evaluate 55 pear genotypes 11 pomological and biochemical parameters were used. Pear genotypes from 6 regions of Azerbaijan were evaluated within 3 years period and average score was obtained. During the pomological analysis, characteristics such as fruit height, fruit diameter, fruit shape index, fruit weight, total sugar, fruit stalk length, leaf length, leaf width, leaf stalk length, seed weight, number of seeds were determined. Based on these traits, a statistical analysis of the results was performed by the SPSS Statistics. Among the characteristics, such as fruit weight, fruit height, fruit diameter, total sugar, showed a wide range of variations. In order to study the similarity between the accessions, a cluster analysis was performed based on the Euclidean distance of the SPSS statistics and a dendrogram was compiled. The accessions were grouped into five main clusters. By the SPSS statistics, the relationship between and the traits was determined, the correlation analysis revealed 1% reliable correlations, and the highest Pearson correlation coefficient ($r = 0.712$) was recorded between the fruit diameter and fruit weight traits. There was a positively significant correlation between fruit weight and most of the other weight traits. Genotypes were evaluated according to the Euclidean distance, and the closest genotypes were Ahmadgazy collected from Guba (1.36) and Yaylig Williams varieties collected from Ganja and the most distant genotypes were Bilchinchinbudu and Yemish varieties collected from Guba (187.81). In general, high genetic diversity of local and introduced pear genotypes distributed in Azerbaijan has been identified.

Keywords: *Pyrus Communis* L., diversity, cluster analyses, distance index, correlation, pomological signs, principle component analyses

Груша относится к семейству розоцветных (Rosaceae Juss.), подсемейству яблоневые (Maloideae Web), надпорядок Rosanae, виду рода *Pyrus* L. Груша обыкновенная (*Pyrus communis*) является перекрестноопыляемой древесной культурой с одним диплоидным геномом (AA, $2n = 2x = 34$) и малым гаплоидным геномом в размере (577Mbp). Число видов, относящихся к этому роду, до сих пор остается спорным. А. Редером было установлено 19 основ-

ных видов. А.А. Федоров довел эту цифру до 60. П.М. Жуковский утверждал наличие 46 видов. В Азербайджане наиболее широко распространенными видами груши являются кавказская груша (*P. caucasica* Fed.), иволлистная груша (*P. salicifolia* Pall.) и лесная груша (*P. communis* L.). Родоначальником культурных сортов груши, выращиваемых в Евразии, является вид груша обыкновенная (*P. communis*). Поэтому описание рода груши дается на основании это-

го вида. У этого вида имеется около 2 тыс. сортов [1]. Груша, наравне с другими важными для человека плодовыми культурами, обладает полезными, диетическими и лечебными свойствами. Наравне с высокой сочностью и ароматностью в плодах груши имеются необходимые для организма человека органические кислоты, сахара, пектиновые вещества, вещества, обладающие ароматическими и дубильными свойствами, а также минеральные соли и витамины. В плодах груши содержится 6–12% сахара, 0,12–0,4% кислот, 0,18–0,7% пектиновых веществ, 11–65 мг% дубильных веществ, 30–49 мг% Р-активных веществ и 5–12 мг% витамина С (аскорбиновая кислота). А наличие в составе плодов груши арбутина, которого нет в других фруктах, делает грушу еще более ценной. Употребление груши является профилактическим методом против болезней почек и мочевого пузыря, диетическим лечением [2].

Груша в основном выращивается в странах умеренного климатического пояса. Но в Азербайджане, наравне с другими плодовыми культурами, груша выращивается во всех регионах. В мире каждый год производится 22644 тыс. т груши, из них 67,26% приходится на долю Китая. По производству груши после Китая отличаются следующие страны: Италия, США, Аргентина, Испания и Турция. В мире насчитывается более 5000 сортов груши. Но качественных, высокоурожайных и экономически ценных сортов среди них мало. В некоторых передовых странах, выращивающих грушу, экономически важное значение имеют следующие сорта: Цьун Бьюти, Акча, Мустафабей, Коссия, Санта Мария, Вильямс, Доевне ду Комисе, Пассе Крассане и др. В нашей республике из летних сортов груши выращиваются Абаслейн, Вильямс, Клапшын севимлиси, Джир Надири, Ред Вильямс, из осенних сортов – Летифе, Бере Бокс, Лесная красавица, из зимних – Нарармуду, Кюре, Ёнтиге, Гюльшен, Бере Арданпон, Сини. В последнее время для определения степени полиморфизма местных генотипов груши, основываясь на морфологических и биохимических анализах, проводились некоторые исследования. К сожалению, в мире очень мало работ по исследованию морфо-помологических свойств генотипов груши [3–6]. Несмотря на то, что в Азербайджане проводились исследования по изучению распространения генотипов груши, а также изучались морфологические и помологические свойства,

современных научных трудов в этом направлении очень мало. Поэтому в данной работе на основании помологических признаков проводился статистический анализ местных и интродуцированных образцов груши, распространенных в Азербайджане. Несмотря на то, что морфологические свойства связаны с условиями окружающей среды и агротехническими приемами, эта характеристика является первым шагом к началу биохимических и молекулярных исследований [7].

Материалы и методы исследования

В наших исследованиях из двух видов рода *Pyrus* был взят один вид т.е. *P. communis* L. Используемые в исследованиях 55 генотипов груши были собраны в шести районах Азербайджана (Губа, Товуз, Гянджа, Гябля, Шемаха и Масаллы). Некоторые помологические и биохимические оценки были сделаны на трех случайно выбранных плодах груши. В табл. 1 представлены образцы, которые были использованы в наших исследованиях. Исследования проводились по следующим признакам: длина плода (см), диаметр плода (см), индекс формы плода, масса плода (г), общее содержание сахара (%), длина плодоножки (см), длина листа (см), ширина листа (см), длина листового стебля (см), масса семян (г) и число семян. Признаки, измеряемые длиной, определялись штангенциркулем. Признаки, измеряемые массой, проводились на чувствительных электронных весах (0,01 г) [8, 9].

Индекс формы плода вычисляли по формуле

$$F = D1/H1,$$

где D1 – диаметр плода, H1 – длина плода.

Содержание сахара в плодах груши определяли цифровым рефрактометром (Brix, 0–85%)

Статистический анализ данных. Среднее значение каждого параметра статистически обрабатывалось. Связь между признаками изучалась методом вариационной изменчивости (PCA). Статистический анализ SPSS проводили по статистической компьютерной программе [10].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 представлены средние показатели исследуемых признаков – стандартное отклонение (CO), стандартная погрешность (СП) и коэффициент вариации (KB%).

Таблица 1

Образцы груши, собранные в различных районах Азербайджана

№	Название образца	Место сбора	№	Название образца	Место сбора
1	Билдирчинбуду	Губа	29	Бере-Боск	Гянджа
2	Емиш армуд		30	Яйлыг Вильямс	
3	Гарпыз армуд		31	Гянд армуд	
4	Горхмазы		32	Билдирчинбуду	
5	Ханым армуду		33	Шюся армуд	
6	Хырда наргиля армуд		34	Абасбеи	
7	Нар армуду		35	Сини армуд	Гябяля
8	Джир надире		36	Форма 1	
9	Гара армуд		37	Сары дюшес	
10	Тикяны армуд		38	Бал армуд	
11	Гюй армуд		39	Нар армуд	
12	Абасбеи		40	Форма 2	
13	Ехмедгазы		41	Форма 3	Шемаха
14	Зянджирябенд		42	Форма 4	
15	Гезялчя		43	Форма 5	
16	Испие		44	Форма 6	
17	Джир армуд		45	Дюшес	
18	Дюшес		46	Паслы армуд	
19	Билдирчинбуду	47	Сары дюшес		
20	Гуш армуду	48	Абасбеи		
21	Мешя (Джир) армуду	49	Гырмызы дюшес		
22	Даш армуд	50	Билдирчинбуду		
23	Хырда билдирчинбуду	51	Даш армуд	Масаллы	
24	Паслы армуд	52	Узунбохаз армуд		
25	Дюшес ангулем	53	Беюк Узунбохаз		
26	Абасбеи	54	Форма 7		
27	Бере Арданпон	Гянджа	55		Дюшес
28	Билдирчинбуду				

Таблица 2

Статистические показатели генотипов груши

Признаки	Аббревиатура	Min	Max	Среднее	СП	СО	КВ%
Длина плода	Дл.П	3	12	7,07	0,33	2,44	5,94
Диаметр плода	ДП	2	12	4,73	0,23	1,72	2,95
Индекс формы плода	ИФП	0,35	1,5	0,71	0,03	0,25	0,06
Масса плода	МП	20	350	103	9,32	69	4774
Общее содержание сахара	ОСС	13	24	16,79	0,32	2,41	5,81
Длина плодоножки	ДПн,	1,5	8	3,30	0,15	1,09	1,2
Длина листа	ДЛ	3,5	7,8	5,54	0,14	1,04	1,08
Ширина листа	ШЛ	1,9	5,5	3,54	0,11	0,85	0,72
Длина листового стебля	ДЛС	0,5	6	2,49	0,16	1,15	1,32
Масса семян	МС	0,02	0,06	0,04	0,001	0,01	0,0001
Число семян	ЧС	4	10	6,62	0,17	1,28	1,65

Каждый из исследуемых признаков показал высокую генетическую вариацию. Среди исследуемых признаков самый высокий показатель коэффициента вариации был по массе плода (КВ = 4774%), а самый низкий показатель коэффициента вариации

был по массе семян (КВ = 0,0001%). После массы плода высокие показатели вариации были по признаку длины плода (КВ = 5,94%) и общему содержанию сахара (КВ = 5,81%). Признак массы плода, показавший самый высокий коэффициент

вариации, также имеет и самый высокий показатель ширины вариации (69). Несмотря на то, что среди исследуемых признаков коэффициент вариации общего содержания сахара был относительно низким, ширина вариации (24) была высокой. Необходимо отметить, что содержание сахара в груше является очень важным фактором. Но в наших исследованиях используемые нами генотипы груши по этому признаку, как указывалось выше, имели коэффициент вариации равный 5,81%.

Несмотря на то, что по признаку диаметра плода ширина вариации была высокой (12), коэффициент вариации был средним, т.е. $KB = 2,95\%$. Самая низкая ширина вариации была по признаку массы семян ($KB = 0,0001\%$). По признакам длины плодоножки ($KB = 1,2\%$) и длины листового стебля ($KB = 1,32\%$) коэффициент вариации был почти одинаковым.

На рис. 1 представлен scree plot (что в переводе с английского языка означает «рассыпная плоскость»). Если обратить внимание на этот рисунок, то видно, что у исследуемых генотипов груши, до пятого индикаторного элемента, каждый элемент в отдельности, в эффективной степени, показал межгенотипную вариацию. Но после пятого индикаторного элемента эта вариация стала резко снижаться. В результате все анализы стали проводиться на основании пяти отобранных индикаторных элементов.

РСА (анализ основного компонента) используется при анализе информации

для уменьшения размерности данных. Конечно же, в этом процессе некоторые информационные данные исчезают, но здесь основная цель – сохранить стабильность изменений и довести ошибку до минимума. А так как РСА уменьшает размерность данных, то дает возможность увидеть информацию визуально. Этот анализ показывает наличие высокой изменчивости как между различными группами, так и внутри каждой группы. По полученным результатам установлено, что сумма вариации пяти компонентов составила 79,5%. Оценки первых трех РС, составляющие 58,3% наблюдаемой изменчивости, соответственно были равны 25,7; 18,3 и 14,3% (табл. 3). Эти три компонента (PC1, PC2 и PC3), т.е. диаметр плода, масса плода, длина плода, разделили большее число генотипов от меньшего. В PC1 в основном признаки диаметра плода, массы плода, длины плода, длины плодоножки показали 25,7% вариации, и среди этих показателей диаметр плода оказался самым значимым признаком. Вторым фактором по значимости были следующие признаки: общее содержание сахара, длина листового стебля, ширина листа и число семян, процент их вариации составил 18,3%. Из этих признаков самым значимым было общее содержание сахара. PC3 составлял 14,3% от общей вариации, в его составе были признаки индекса формы плода и массы семян. В четвертом компоненте признаки массы семян и ширины листьев составляли 11,4% от общей вариации.

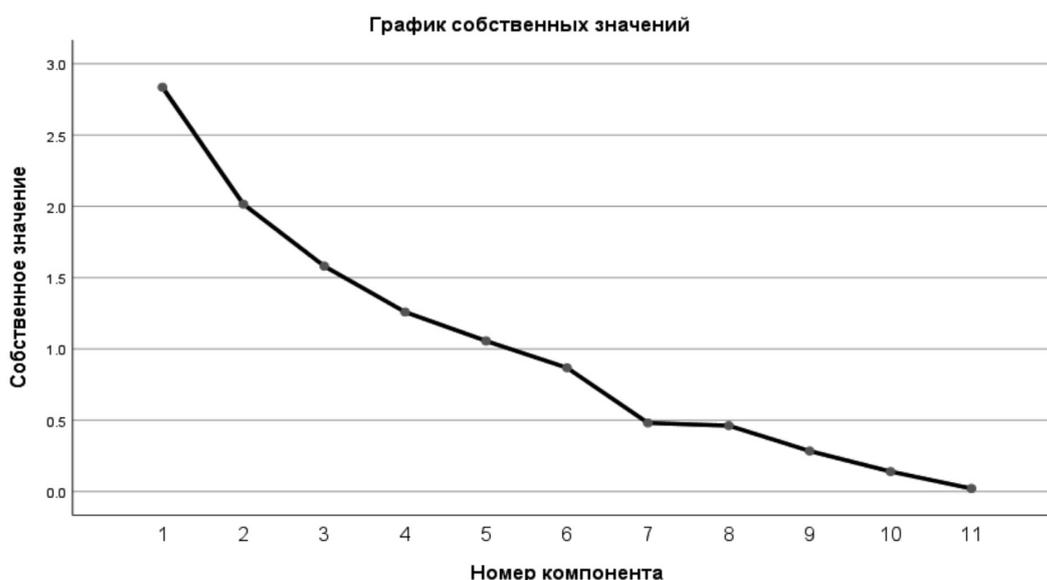


Рис. 1. Scree plot на основе «Principle component»

Таблица 3

Матрица компонентов

Признаки	Компоненты				
	1	2	3	4	5
Дл.П	0,872	-0,146	0,174	-0,346	
МП	0,814	-0,306			
ДП	0,638	-0,457	-0,538		0,204
ДПн.	0,616	-0,153	0,485		0,242
ДЛ	0,601	0,47		0,334	-0,389
ДЛС	0,175	0,598	-0,317	-0,138	0,225
ШЛ	0,417	0,554	-0,225	0,381	-0,419
ЧС		0,475	-0,267	-0,398	0,217
ИФП	0,176	0,418	0,71	-0,491	-0,159
МС	-0,132		0,544	0,647	0,315
ОСС		0,616		0,158	0,63
Всего	2,835	2,015	1,581	1,258	1,056
Вариация%	25,775	18,321	14,37	11,44	9,598
Всего%	25,775	44,096	58,466	69,905	79,503

^aЗначимость $\geq 0,5$.

В пятом компоненте по признакам общего содержания сахара и массы семян вариация составила 9,5%. Оценка РС анализом показала, что связь между признаками может проявляться или локусами, контролирующими признаки, или же от плейтропного действия генов. Эти результаты совпадают с результатами исследователей, занимающихся оценкой груши [3, 11–13].

Себек отмечал, что среди признаков самым значимым является масса плода [5]. Дурик считал, что основными свойствами при оценке генотипов груши являются длина плода, диаметр плода и масса плода. В наших исследованиях значимыми признаками являются масса плода и общее содержание сахара [3].

Явуз и Пирлак отмечали, что свойства плода, связанные с массой, являются важным отличительным фактором груши Конья [6].

По данным наших исследований признаки диаметр плода, масса плода, длина плода и общее содержание сахара показали самую высокую вариацию и могут быть использованы в исследованиях генотипов груши.

Корреляционный анализ. Изучалась корреляция между двумя признаками. Корреляционный анализ, при оценке генотипов, может дать ценную информацию о самых значимых свойствах [14]. Определив признаки, имеющие высокую степень корреляции, по одному признаку можно заранее прогнозировать другой, и это может облегчить выбор соответствующего генотипа.

Исследуемые нами некоторые признаки показали значительную зависимость друг от друга и могут быть использованы в селекционных программах. Была выявлена значимая ($r = 0,712$) зависимость между признаками диаметра и массы плода. Между признаками длины плода и индексом формы плода была выявлена отрицательная высокозначимая ($r = -0,522$) зависимость. А также между признаками длины и массы плода выявлена высокозначимая ($r = 0,616$) зависимость.

Кластерный анализ. Кластерный анализ SPSS пакета статистической программы был установлен на основании индекса Евклидова расстояния. Так как исследуемые генотипы по указанным признакам были группированы в пяти основных кластерах, то, соответственно, дендрограмма также анализируется в пяти кластерах (рис. 2).

В первом, самом большом кластере дендрограммы расположены 27 генотипов, из них 15 образцов в 1А субкластере и 12 образцов в 1В субкластере. У этих генотипов максимальный показатель массы плода был приблизительно в 2 раза ниже, чем средняя оценка массы плода всех генотипов. У генотипов субкластера 1А масса плода варьировала в пределах 75–100 г, а 1В субкластере – в пределах 105–139 г. Несмотря на то, что у находящихся в этом кластере сортов Ахмедгазы из Губинского района и Летний Вильямс из Гянджи индекс Евклидова расстояния был самым низким (1,36), они считаются самыми близкими генотипами.

Таблица 4

Корреляция между признаками исследуемых генотипов груши

	ДП	ИФП	МП	ОСС	ДПн.	ДЛ	ШЛ	ДЛС	МС	ЧС
Дл.П	0,524**	-0,522**	0,616**	-0,073	0,266*	0,112	0,102	-0,028	-0,264	0,057
ДП	0	0	0	0,596	0,05	0,414	0,46	0,84	0,051	0,681
ИФП	1	0,393**	0,712**	-0,031	0,558**	0,315*	0,1	0,054	-0,231	0,054
МП		0,003	0	0,822	0	0,019	0,467	0,696	0,089	0,696
ОСС		1	0,001	0,074	0,251	0,192	0,042	0,051	0,035	0,191
ДПн.			0,996	0,592	0,064	0,161	0,758	0,714	0,799	0,162
ДЛ			1	-0,102	0,400**	0,322*	0,143	-0,039	0,04	-0,023
ШЛ				0,458	0,002	0,017	0,298	0,778	0,77	0,865
ДЛС				1	0,022	0,16	0,168	0,383**	0,18	0,257
МС					0,874	0,243	0,221	0,004	0,19	0,059
ЧС					1	0,219	0,029	0,011	0,195	-0,177
						0,107	0,835	0,937	0,154	0,195
						1	0,663**	0,215	0,023	0,066
							0	0,115	0,869	0,633
							1	0,266*	-0,017	0,171
								0,05	0,9	0,212
								1	-0,213	0,209
									0,118	0,127
									1	-0,121
										0,38

*значимая, ** высокозначимая.

Во втором кластере дендрограммы расположены 5 генотипов, из них три в 2А субкластере и два генотипа в субкластере 2В. Сгруппированные в этом кластере генотипы – это сорта, собранные из Губы, Гябля и Товуза, эти образцы по ряду показателей близки друг к другу. Образцы, расположенные в субкластере 2А, близки по признаку общего содержания сахара, а в субкластере 2В собраны образцы, близкие по признаку числа семян. Третья дендрограмма, состоящая из 18 генотипов, также состояла из субкластеров 3А и 3В. Так как у генотипов этого кластера максимальные показатели близки к общесредним, этот кластер можно охарактеризовать как среднеурожайные генотипы. Генотипы субкластера 3А по признакам массы плода и общему содержанию сахара имели достаточно высокие показате-

ли. Входящий в субкластер 3В сорт Абасбеи (12), взятый из Губинского района, отличался от других генотипов по показателю общего содержания сахара, и поэтому, отделившись от общего кластера, был свободно размещен. Четвертый, самый маленький кластер дендрограммы состоял из двух генотипов. В кластере был сорт груши Нар армуду (7), взятый из Губинского района, и сорт груши Форма 7 (54), взятый из Масаллинского района, эти сорта отличались максимально высокой массой плода. Пятый кластер дендрограммы состоит из трех генотипов. В субкластере 5А – 3 генотипа, а в 5В субкластере – 1 генотип. Расположенный в 5В субкластере сорт груши Даш армуд (22), взятый из Товузского района, отличался по нескольким признакам и поэтому отделился от общего кластера.

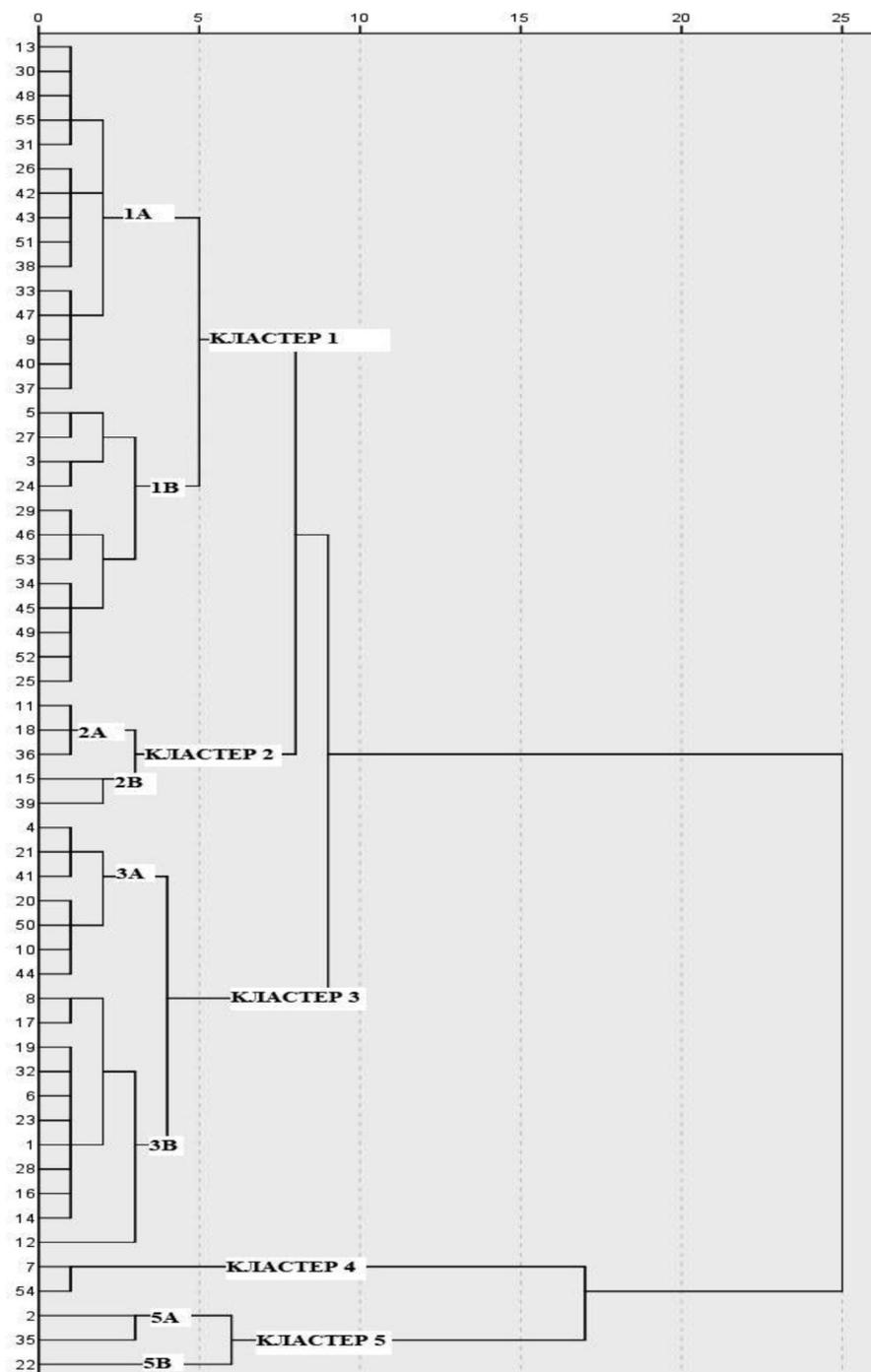


Рис. 2. Диаграмма генотипов груши, построенная на основании Евклидова расстояния

Собранные в Губинском районе сорта Билдирчинбуду (1) и Емиш армуд (2), расположенные соответственно в 3 и 5 кластерах, были самыми дальними генотипами по индексу Евклидова расстояния (187,81). Это можно объяснить их различным происхождением.

Заключение

В данном исследовании из шести различных районов Азербайджана были взяты 55 генотипов груши и на плодах изучались их помологические и биохимические свойства, а также был проведен статисти-

ческий анализ. Результаты исследуемых признаков показали высокую степень их разнообразия. Между признаками была выявлена высокозначимая и среднеположительная корреляция. В дальнейшем, действуя на какой-то признак, можно изменить зависимый от него другой признак. Такие признаки, как масса плода, длина плода, диаметр плода и общее содержание сахара, показали достаточно высокую ширину вариации, и поэтому у них наблюдалась высокая степень разнообразия. Кластерным анализом образцы были сгруппированы по схожести признаков, и установлено, что масса плода является основным фактором, действующим на топологию дендрограммы. А также анализом основного компонента была выявлена более высокая вариация признаков диаметра и массы плода, в дальнейшем планируется уделять большее внимание этим признакам.

Список литературы / References

1. Витковский В.Л. Плодовые растения мира. СПб. – М. – Краснодар: Лань, 2003. 591 с.
2. Vitkovskiy V.L. Fruit plants of the world. Sankt-Peterburg-Moskva-Krasnodar: Lan, 2003. 591 p. (in Russian).
3. Поляков А.Н. Совершенствование подвоев груши в условиях Центрально-Черноземного региона: дис. ... канд. с.- х. наук. Россосъ, 2000. 382 с.
4. Polyakov A.N. Improvement of pear rootstocks in the conditions of the Central Black Earth Region: dis. ... kand. s.- kh. nauk. Rossosh, 2000. 382 p. (in Russian).
5. Duric G., Zabic M., Rodic M., Stanivukovic S., Bosancic B., Pasalic B. Biochemical and pomological assessment of European pear accessions from Bosnia and Herzegovina. Hort. Sci. (Prague). 2015. Vol. 42. P. 176–184.
6. Necas T., Wolf J., Kiss T., Göttingerov M., Ondrasek I., Bieniasz M. Evaluation of certain pomological and phenological traits of selected asian pear varieties growing in Middle European conditions. Hort. Sci. (Prague). 2020. Vol. 47. P. 81–92.
7. Sebek G. The pomological traits of autochthonous pear varieties in the area of north montenegro. turkish journal of agricultural engineering research (turkager). 2020. Vol. 1 (1). P. 141–151.
8. Yavuz M., Pirlak L. Phenological and Pomological Characteristics of Some Asian Pear Cultivars in Eregli-Konya Selcuk J Agr Food Sci. 2018. Vol. 32 (3). P. 449–453.
9. Berinyuy J.E., Fontem D.A., Focho D.A., Schippers R.R. Morphological diversity of *Solanum scabrum* accessions in Cameroon. Plant Genetic Resour Newslett 131. 2002. P. 42–48.
10. Гаджиева С.В. Оценка биоразнообразия генотипов граната (*p. granatum l.*) распространенных в Азербайджане по некоторым признакам урожайности // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 3 (43). С. 32–40.
11. Gadzhieva S.V. Assessment of biodiversity of pomegranate (*p. Granatum l.*) genotypes for some yield characteristics widespread in Azerbaijan // Problemy razvitiya APK regiona. 2020. № 3 (43). P. 32–40 (in Russian).
12. Гаджиева С.В. Оценка разнообразия генетического ресурса дикого граната (*Punica granatum l.*) Азербайджана по помологическим и биохимическим показателям // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 60 (1). С. 101–107.
13. Gadzhieva S.V. Assessment of the diversity of the genetic resource of wild pomegranate (*punica granatum l.*) by pomological and biochemical parameters In Azerbaijan // Vestnik Mичуринского gosudarstvennogo agramogo universiteta. 2020. № 60 (1). P. 101–107 (in Russian).
14. Hammer O., Harper D.A., Ryan P.D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontol. Electron. 2001. Vol. 4. P. 1–9.
15. Abbas M.M., Faiz H., Aziz M.M., Rashid S., Ullah H., Qadri R., Azam M. Evaluation of Pear Varieties for Physiochemical Traits Grown under Climatic Conditions of Soon Valley, Pakistan. American Journal of Plant Sciences. 2018. Vol. 9. P. 2217–2226.
16. Kalkisim O., Okcu Z., Karabulut B., Ozdes D., Duran C. Evaluation of Pomological and Morphological Characteristics and Chemical Compositions of Local Pear Varieties (*Pyrus communis L.*) Grown in Gumushane, Turkey. Erwerbs-Obstbau 60. 2018. P. 173–181.
17. Lace B., Lacis G. Evaluation of pear (*Pyrus communis L.*) cultivars in Latvia. Hort. Sci. (Prague). 2015. Vol. 42. P. 107–113.
18. Norman P.E., Tongoona P., Shanahan P.E. Determination of interrelationships among agr-morphological traits of yams (*Discorea spp.*) using correlation and factor analyses. J. Appl. Bios. 2011. Vol. 45. P. 3059–3070.

УДК 630*611(571.63)

ОПТИМУМ ПРОИЗРАСТАНИЯ ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

¹Майорова Л.А., ²Петропавловский Б.С.

¹ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: mayorova.49@inbox.ru;

²ФГБУН Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: petrop5@mail.ru

В статье рассматриваются основные районы и оптимальные условия произрастания формации пихтово-еловых лесов (ельников) в Приморском крае. Ареал основной области распространения ельников приурочен к хребту Сихотэ-Алинь и его отрогам. Меридиональное распространение горной страны и разнообразие морфогенетических типов рельефа определяет высокое разнообразие типов леса, почв и микроклимата. Ельники являются основной лесосырьевой базой Приморья, имеют большой лесоресурсный и природоохранный потенциал, занимая более 1/3 лесопокрытой площади края. Почти половина пихтово-еловых лесов охвачена усыханием различной интенсивности. Наиболее активно процесс усыхания взрослого древостоя проявляется на вулканических плато и крутых горных склонах. Для решения задач многоцелевого и неистощимого лесопользования в пихтово-еловых лесах Дальнего Востока коллективом авторов по лесотаксационным материалам лесничеств, лесхозов и заповедников края и картографической информации из карт природы Приморского края создана база данных (БД). На основе анализа сопряженности типов рельефа и типов леса выделены основные высотно-геоморфологические комплексы пихтово-еловых лесов и ареалы распространения. Широкий экологический ареал и высокое разнообразие типов местообитаний пихтово-еловых лесов является главным фактором, определяющим закономерности их географии, потенциальной продуктивности насаждений (классов бонитета) и устойчивости лесных экосистем к современным изменениям климата и антропогенной нагрузки. Для выявления основных климатических факторов среды, определяющих функционирование лесных экосистем данного региона, применялись методы информационной статистики. Методика определения оптимальных условий природной среды для успешного произрастания лесных сообществ позволила выделить оптимумы и пессимумы произрастания ельников в Приморском крае. Современная система лесопользования на Дальнем Востоке далека от совершенства. Полученные научные разработки могут послужить дополнительными критериями для мониторинга лесной растительности Дальнего Востока в условиях изменения климата, выборе путей и методов устойчивого лесопользования, повышения продуктивности и сохранения лесных экосистем в данном регионе.

Ключевые слова: Лесная формация, ельники, тип леса, высотно-геоморфологический комплекс, условия природной среды, оптимум местопроизрастания, бонитет

OPTIMAL THE GROWTH OF FIR-SPRUCE FORESTS IN THE PRIMORSKY TERRITORY

¹Mayorova L.A., ²Petropavlovsky B.S.

¹Pacific Institute of geography, FEB RAS, Vladivostok, e-mail: mayorova.49@inbox.ru;

²Botanical Garden-Institute, FEB RAS, Vladivostok, e-mail: petrop5@mail.ru

The article considers the main areas and optimal growing conditions of the formation of fir-spruce forests (spruce forests) in the Primorsky Territory. The range of the main area of distribution of spruce trees is confined to the Sikhote-Alin ridge and its spurs. The meridional distribution of the mountainous country and the variety of morphogenetic types of relief determine the high diversity of forest types, soils and microclimates. Spruce trees are the main forest resource base of Primorye, have a large forest resource and conservation potential, occupying more than 1/3 of the forest covered area of the region. Almost half of the fir-spruce forests are covered by drying of various intensities. The most active process of drying of adult woodland is manifested on volcanic plateaus and steep mountain slopes. To solve the problems of multipurpose and sustainable forest management in the fir-spruce forests of the Far East, a team of authors on forest traction materials of forestries, forest farms and reserves of the region and cartographic information from nature maps of Primorsky Krai created a database (DB). Based on the analysis of the conjugation of relief types and forest types, the main altitude-geomorphological complexes of fir-spruce forests and distribution ranges are identified. The wide ecological range and high diversity of types of habitats of fir-spruce forests is the main factor determining the patterns of their geography, the potential productivity of plantations (bonitet classes) and the resistance of forest ecosystems to modern climate changes and anthropogenic load. Methods of information statistics have been used to identify the main climatic factors that determine the functioning of forest ecosystems in the region. The methodology of determining the optimal conditions of the natural environment for the successful growth of forest communities made it possible to distinguish the optimums and pessimums of the growth of spruce trees in the Primorsky Territory. The modern forest management system in the Far East is far from perfect. The resulting scientific developments could serve as additional criteria for monitoring forest vegetation in the Far East in the face of climate change, choosing ways and means of sustainable forest management, increasing productivity and preserving forest ecosystems in the region.

Keywords: Forest formation, spruce trees, type of forest, high-altitude geomorphological complex, environmental conditions, optimal growth, bonitet

Формация пихтово-еловых лесов (ельников) имеет широкое распространение на Дальнем Востоке, формируя высотный пояс, приуроченный к главному водораз-

делу и склонам хребта Сихотэ-Алинь. Формация пихтово-еловых лесов ДВ разделена Ю.И. Манько на приамурско-сихотэ-алиньскую, маньчжурско-южносихотэ-алинь-

скую и среднесахалинскую географические провинции, отражающие зонально-региональные особенности лесообразовательного процесса [1]. Б.П. Колесников, учитывая неоднородность природных условий ареала формации выделил на территории Приморского края две физико-географические провинции: Средне-Сихотэ-Алинскую (северная часть края) и Южно-Сихотэ-Алинскую (центральная и южная части края), которые соответствуют делению хребта Сихотэ-Алинь на Южный и Средний [2].

Основная лесообразующая порода ельников – ель аянская (*Picea ajanensis*), содоминант – пихта белокорая (*Abies nephrolepis*). На севере Приморского края в их насаждениях можно встретить березу плосколистную, каменную, рябину амурскую, лиственницу Комарова, Любарского и единично кедр корейский, а на побережье Японского моря – лиственницу ольгинскую. В южной части ареала (Южно-Сихотэ-Алинская провинция) и по долинам рек западного макросклона Сихотэ-Алиня видовое разнообразие пихтово-еловых лесов возрастает. Наряду с елью аянской в древостоях часто встречается кедр корейский (*Pinus koraiensis*), дуб монгольский (*Quercus mongolica*), ясень маньчжурский, липы амурская и Таке, ильмы, березы даурская, желтая. Площадь пихтово-еловых лесов в Приморском крае 3121,3 тыс. га, запасы древесины – 530 млн м³ [3].

Целостной картины типологии ельников, продуктивности древостоев и основных причин усыхания древостоев до сих пор нет [4, 5]. С перестройкой системы лесопользования на ДВ и переводом её на коммерческую основу, ситуация с инвентаризацией и лесоустройством лесов ещё более ухудшается [6].

Цель исследования: рассмотреть приуроченность определенных типов леса пихтово-еловой формации к различным высотно-геоморфологическим комплексам, привязку их местообитаний к абсолютным высотам и площадное распространение в Приморском крае. Методами эколого-географического анализа выявить ведущие экологические факторы, влияющие на структуру и динамику ельников и определить районы оптимальных и пессимальных условий среды для произрастания, их связь с продуктивностью древостоев.

Материалы и методы исследования

Для изучения пихтово-еловых лесов Приморского края были проведены ком-

плексные лесоводственно-геоботанические исследования на пробных площадях в районах края, площадная съёмка лесов в верховьях реки Большая Уссурка (Дальнегорский район). На различных элементах рельефа, в различных типах пихтово-елового леса, с различными стадиями усыхания древостоя заложен геоботанический профиль. На основе полевого материала определена возрастная структура и динамика ельников, ход возобновительного процесса, развитие процесса усыхания древостоя. На региональном уровне (Приморский край) проведена выборка лесотаксационной информации по всем лесхозам края различных лет таксации, данных по геоморфологии, климату, почвам и сформирована обширная База данных (БД) «Лесная растительность Приморского края. Пихтово-еловые леса». БД состоит из 1385 точек-площадок (5×5 км), на основе географической системы координат привязанных к ареалу. Точка-площадка включает информацию по лесхозу, кварталу, выделу, типу леса, рельефа, почвы, микроклимату, лесотаксационную характеристику древостоя, подроста и пр. [3].

Для анализа наиболее значимых экологических факторов, определяющих распространение ельников в южной части ДВ, были рассмотрены блоки информации БД по климату Приморского края, а также данные по орографии и типам рельефа [7].

Для определения оптимальных и пессимальных типов местообитаний ельников Приморского края и выявления экологического соответствия различных таксонов лесной растительности ведущим факторам среды, составления экологических паспортов леса использованы методы информационной статистики, которые были описаны и апробированы Б.С. Петропавловским в более ранних работах [8]. В качестве показателей среды обитания темнохвойных лесов и отдельных древесных пород взяты суммы активных температур, гидротермические коэффициенты, годовые осадки, январские и июльские температуры воздуха, высота местности над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов. Амплитудам каждого показателя соответствуют шкалы, состоящие из 5–14 градаций. В рамках каждой градации показана преимущественная встречаемость типа леса или лесообразующей породы.

По таблице-матрицы совместной встречаемости градации фактора среды и со-

стояния таксона (тип леса) и вычислялись коэффициенты наиболее специфичных отношений (С):

$$C = \frac{p(a_l / b_j)}{p(a_i)}$$

где числитель – условная вероятность состояния «явления» при данном состоянии фактора (определяется как отношение частоты состояния явления к сумме частот состояний «явления» для данной градации фактора), а знаменатель – априорная вероятность состояния «явления» [9].

Для примера приводим экологический паспорт ели аянской, основной лесообразующей породы (табл. 1) и составленную на его основе карта-схему районов местообитания ельников с указанием сте-

пени благоприятности условий природной среды (рис. 1).

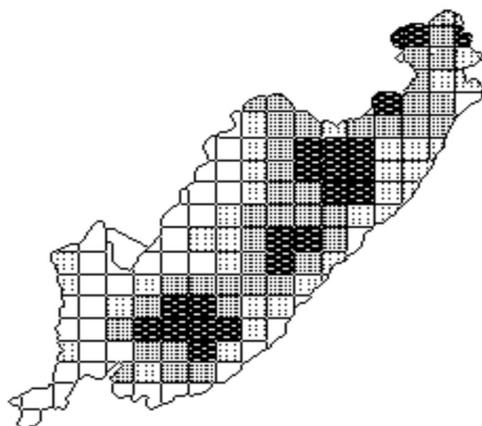
Результаты исследования и их обсуждение

По материалам БД «Пихтово-еловые леса Приморского края» и Справочнику таксатора [10] в данной формации выделено 23 группы типов и типов леса, в т.ч. и промежуточные елово-кедровые леса и елово-лиственничные леса. В различных физико-географических провинциях Приморья высотная граница распространения древостоев ельников различна. На севере и в центральных районах края их выдела встречаются в долинах, господствуют на склонах поднимаясь до водораздела, а на юге занимают возвышенные вулканические плато и вершины гор.

Таблица 1

Экологический паспорт ели аянской

Факторы среды	Градации (коды) факторов природной среды														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сумма активных температур	1	+	0	+	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
ГТК (по Селянину)	1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Осадки (год)	0	0	+	+	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ср. температура в январе	0	+	+	+	+	+	1	0	0	0	-	-	-	-	-
Ср. температура в июле	1	1	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тип рельефа (по Ганешину, 1956)	+	1	+	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Абсолютная высота местности (м)	+	0	0	+	+	+	+	0	+	1	1	1	1	0	-
Экспозиция склона	0	0	1	1	1	1	+	1	1	+	0	0	+	-	-
Крутизна склона	+	+	+	+	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Экологический оптимум произрастания ели аянской
 САТ (сумма актив. тем-р выше 10 °С) – до 1800 °;
 ГТК – более 2,0;
 Количество осадков в год – более 800 мм;
 Ср. температура января – до – 26 °С;
 Ср. температура июня – от + 6 до + 200 °С;
 Абс. высота местности – свыше 500 м над ур. моря
 Экспозиция склонов – все румбы, за искл. Ю и ЮЗ;
 Крутизна склонов – свыше 16 °.

*Рис. 1. Районы оптимальных и pessимальных условий среды для произрастания ели.
 Примечание: Интенсивно выделенные ячейки схемы отражают оптимальные условия местообитаний, разреженные точки – менее оптимальные*

Для объективного отражения экологической и хозяйственной роли темнохвойных лесов, произрастающих на разных элементах рельефа используется вспомогательная единица классификации – геоморфологический комплекс типов леса [1]. Нами выделены четыре высотно-геоморфологических комплекса темнохвойной растительности: высокогорные субальпийские ельники, которые занимают 124852 га площади ареала, среднегорные предсубальпийские ельники (93639 га), ельники горных склонов (1935206 га), ельники долин, шлейфов и пологих склонов (156065 га). А также, переходные елово-лиственничные леса (187278 га) и елово-кедровые (624260 га).

Карта-схема пихтово-еловых лесов Приморья представлена на рис. 2. Встречаемость (%) высотно-геоморфологических комплексов отражена в диаграмме (рис. 3).

Большая часть пихтово-еловых и елово-лиственничных лесов произрастает на севере и в центральной части Приморского края, в Средне-Сихотэ-Алинской географической провинции темнохвойных лесов. Крупные выдела ельников встречаются на Верхне-Бикинском плато (в верховьях р.р. Самарга, Катен, Чукен, Бикин) и на Светлинском плато (в верховьях р.р. Зева, Светловодная, Килоу). Ниже по карте, они образуют компактный массив тайги, который простирается как на восточном макросклоне Сихотэ-Алиня (в верховьях р.р. Кема, Холмогорка, Колумбе), так и большей частью на западном – в верхнем и среднем течении р.р. Арму, Тигринка, Большая Уссурка. Оставшиеся, более мелкие изолированные выдела ельников произрастают на западном макросклоне (по долинам р.р. Журавлевка, Павловка, Малиновка и др.), на главном водоразделе Сихотэ-Алиня и вершинах гор в южной части края.

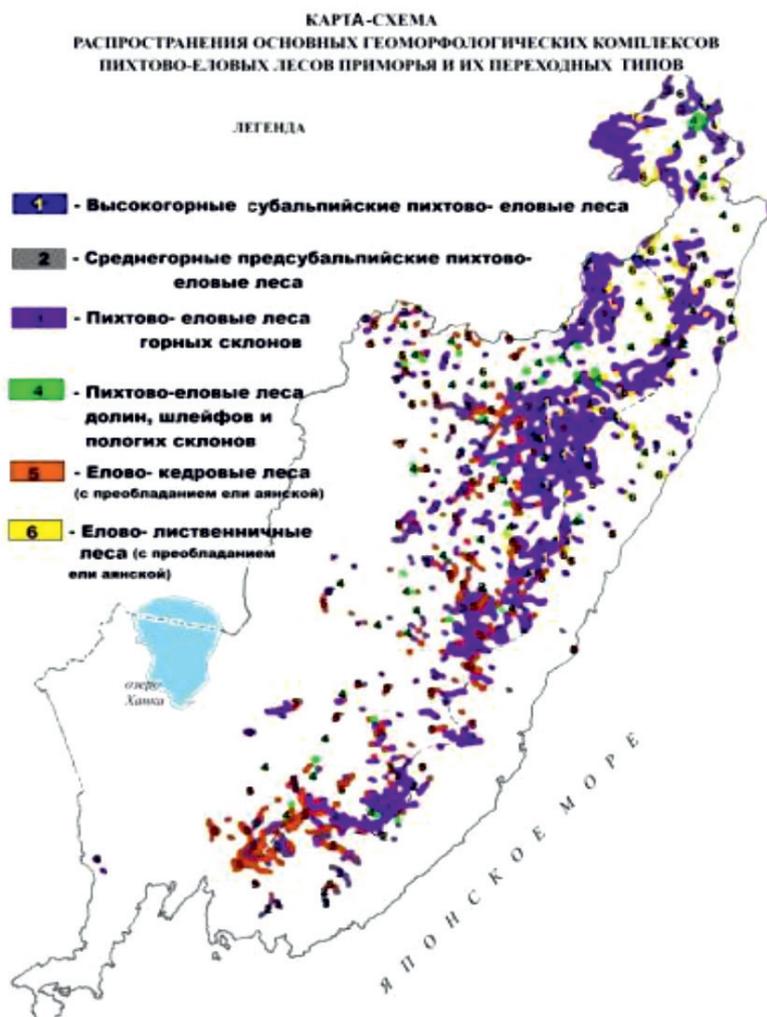
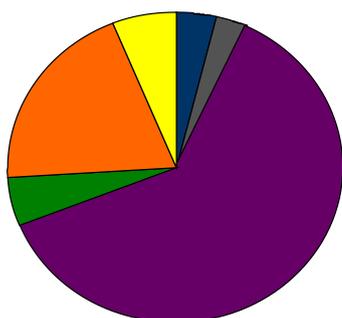


Рис. 2. Ареалы произрастания пихтово-еловых лесов в Приморском крае



■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ■ 6

Легенда

1. Высокогорные субальпийские ельники – 4%
2. Среднегорные предсубальпийские ельники – 3%
3. Ельники горных склонов – 62%
4. Ельники долин, шлейфов и пологих склонов – 5%
5. Елово-кедровые леса – 20%
6. Елово-лиственничные леса – 6%

Рис. 3. Встречаемость пихтово-еловых, елово-лиственничных и елово-кедровых лесов в Приморском крае

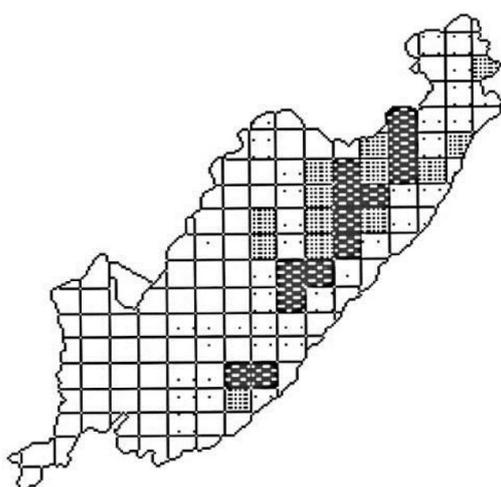


Рис. 4. Районы произрастания ельников зеленомошных (Ез, Емз)



Рис. 5. Районы произрастания ельников кустарниково-разнотравных (Екр)

Геоморфологический комплекс пихтово-еловых лесов горных склонов широко распространен в Приморском крае. Сюда входят ельники зеленомошные, мелкотравно-зеленомошные, ельники разнотравно-мелкопапоротниковые и кустарниково-разнотравные. Типы этой группы занимают около 85–90% всей площади пихтово-еловых лесов [4].

Приводим краткое описание ельника зеленомошного на ключевом участке «Нечет» (Сихотэ-Алинский заповедник). Абс. высота 850 м над ур. м, склон северо-западной экспозиции, крутизна 15–20°. I ярус 5Е4П1К. По ели таксац. показатели: ср. Д – 38 см, ср. Н – 28 м, ср. возраст – 200 лет. Сомкнутость крон – 1,0. Запас – 300 м³/га. Бонитет – II. Подрост из ели и кедра, густой,

разновозрастный. Подлесок не выражен, единично – спирея березолистная. Мхи – сплошь, травостой – лесное мелкотравье (проективное покрытие – 10%).

Экологические паспорта широко распространенных ельников-зеленомошных и менее представленного – ельника кустарниково-разнотравного, наглядно показывают их распространение внутри ареала, оптимальные и пессимумы произрастания на территории Приморского края (рис. 4, 5).

Сложная мозаика климатопов, обусловленная экспозицией, крутизной склонов и степенью удаленности от побережья Японского моря вносит свои коррективы в их распространение [11]. Оптимальные климатические условия для произрастания ельников зеленомошных, чаще отмечаются

на главном водоразделе Сихотэ-Алиня и прилегающих плато с высотами более 700 м над ур. моря, на крутых склонах различных экспозиций, на севере и в центральных районах. Климат здесь прохладный, суммы активных температур не выше 1600 °С, количество осадков – до 800 мм/год. Оптимум произрастания ельников кустарниково-разнотравных отмечается на западном макросклоне Сихотэ-Алиня и в южной части Приморского края. Они произрастают в нижнем поясе гор (до 800 м над ур. моря), на более пологих склонах. Климат местообитаний более теплый и влажный с суммами активных температур от 1600 до 2200 ° и количеством осадков более 800 мм/год [12].

Запасы древесины в субальпийских и предсубальпийских ельниках, елово-лиственничных лесах низкие – (80–160 м³/га). Ельники горных склонов и елово-кедровые леса – самые продуктивные, имеют средние запасы – (160–240 м³/га) и выше среднего

(240–320 м³/га). Ельники долин характеризуются низкими запасами из-за рубок и лесных пожаров.

Важным показателем благоприятности условий среды соответствующим типам леса, выступает их потенциальная продуктивность. Встречаемость классов бонитета насаждений в различных геоморфологических комплексах пихтово-еловых лесов отражена на рис. 6.

Пихтово-еловые леса Приморского края, в массе характеризуются IV классом бонитета. Почти 90% лесов, а это в основном ельники горных склонов и елово-кедровые леса, имеют среднюю продуктивность (III и IV классы бонитета). Древостой I класса бонитета в таксационных описаниях лесозов отмечены единично, поэтому авторами в анализ не включены. Небольшая доля древостоев II класса бонитета (2%), характерна только для ельников горных склонов и елово-кедровых лесов.

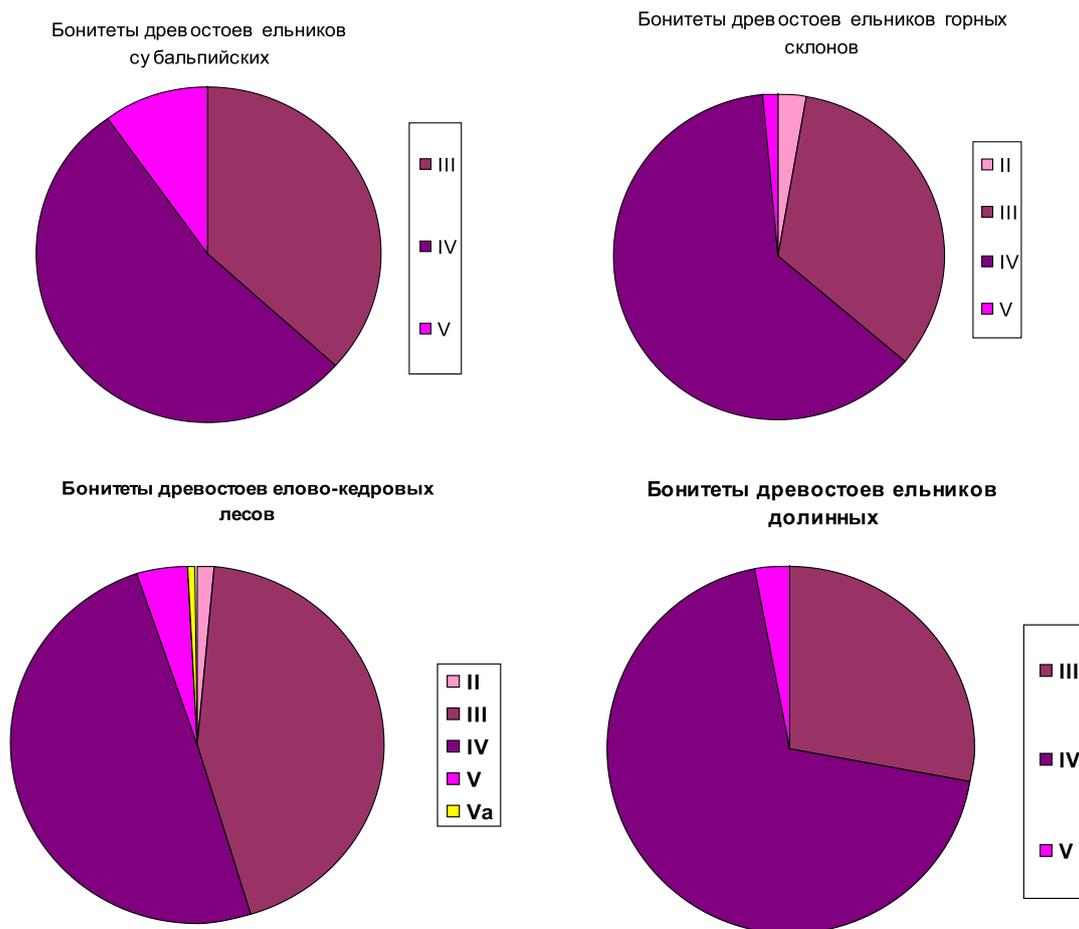


Рис. 6. Классы бонитета древостоев высотно-геоморфологических комплексов пихтово-еловых лесов Приморья

Как видно из диаграммы (рис. 6), к низкопродуктивным (V, Va класса бонитета) можно отнести 8% древостоев пихтово-еловых лесов. Это в основном, субальпийские, предсубальпийские ельники и елово-лиственничные леса. Но, на самых неблагоприятных местопроизрастаниях данную продуктивность могут давать и ельники горных склонов.

Заключение

Как показывают натурные наблюдения на пробных площадях и анализ БД «Лесная растительность Приморского края. Пихтово-еловые леса» разнообразие ландшафтной структуры ареала пихтово-еловых лесов определяет их типологию, структуру и продуктивность. Выделены 23 группы типов леса, объединенные в 4 высотно-геоморфологических комплекса темнохвойной растительности и представлена карта-схема их ареалов на территории Приморья. На основе расчета количественных связей типов пихтово-елового леса с факторами природной среды выявлены наиболее значимые экологические факторы, определяющие их структуру и динамику. Отмечены оптимумы и пессимумы местообитаний ельников, площадное распространение, потенциальная продуктивность и встречаемость классов бонитета древостоев в различных высотно-геоморфологических комплексах.

Результаты исследований и представленные карта-схемы распространения пихтово-еловых лесов в Приморском крае могут быть, в первую очередь использованы для выделения эталонных лесов, районов создания лесных культур, лесопитомников, для мониторинга процесса усыхания пихтово-еловых древостоев и возможного запрета промышленных рубок в наиболее уязвимых типах леса. Применение обширного материала из БД по пихтово-еловым лесам, его временная дифференциация с использованием математических и картографических методов даёт возможность более полно восстанавливать и детализировать ход лесообразовательного и лесовосстановительного процесса в пихтово-еловой формации данного региона, а также прогнозировать изменения структуры и динамики лесов при изменении тепло- и влагообеспеченности их местообитаний.

Список литературы / References

1. Манько Ю.И. Возникновение и становление генетической лесной типологии // Лесоведение. 2013. № 6. С. 40–57.
Manko Yu.I. The emergence and development of genetic forest typology // Lesovedenie. 2013. No. 6. P. 40–57 (in Russian).

2. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 261 с.

Kolesnikov B.P. Cedar woods of the Far East. M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1956. 261 p. (in Russian).

3. Майорова Л.А. Пихтово-еловые леса Приморского края (эколого-географический анализ): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уссурийск, 2012. 27 с.

Mayorova L.A. The fir-spruce forests of Primorsky Krai (ecological-geographical analysis): avtoref. ... kand. biol. nauk. Ussuriysk, 2012. 27 p. (in Russian).

4. Розенберг В.А., Васильев Н.Г. Леса Приморского края // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. С. 621–667.

Rozenberg V.A., Vasilyev N.G. Forests of Primorsky Krai // Lesa SSSR. M., 1969. T. 4. P. 621–667 (in Russian).

5. Манько Ю.И., Гладкова Г.А., Бутовец Г.Н. К изучению естественной динамики пихтово-еловых лесов Центрального Сихотэ-Алиня // Вестник КрасГАУ. 2011. № 2(63). С. 121–126.

Manko Yu.I., Gladkova G.A., Butovets G.N. To studying the fir-spruce forest natural dynamics in the Central Sikhote-Alin // Vestnik KrasGAU. 2011. No. 2(63). P. 121–126 (in Russian).

6. Выводцев Н.В. Государственная инвентаризация лесов на Дальнем Востоке // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока: материалы Всерос. конф. Хабаровск: Из-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2014. С. 20–23.

Vyvodsev N.V. State Forest Inventory in the Far East // Problems of sustainable forest management in Siberia and the Far East: materials Vseros. conf. Khabarovsk: FBU «DalNIILH», 2014. P. 20–23 (in Russian).

7. Майорова Л.А., Петропавловский Б.С. Выявление оптимальных условий природной среды характерных для произрастания пихтово-еловых лесов в Приморском крае // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов: матер. X междунар. форума. Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграрного ун-та, 2019. С. 100–104.

Mayorova L.A., Petropavlovsky B.S. Identification of optimum conditions of the environment for growth of fir-spruce the forests in Primorsky territory // Forest resources protection and rational use: Materials of the X International Forum. Blagoveshchensk: DGAU, 2019. P. 100–104 (in Russian).

8. Петропавловский Б.С. Типы леса – основа лесных кадастров // Труды Никитского ботанического сада. 2016. Т. 143. С. 156–163.

Petropavlovsky B.S. Forests types – the basis of forests inventories // Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada. 2016. V. 143. P. 156–163 (in Russian).

9. Semkin B.I. Elementary theory of similarities and its use in biology and geography. Pattern Recognition and Image Analysis: Allen Press Inc. (United States). 2012. Vol. 22. P. 92–98.

10. Справочник таксатора / Составитель Н.В. Ефимов. Хабаровск: В/о «Лесопроект», Дальневосточный трест, 1955. 133 с.

Spravochnik taksatora / Sostavitel N.V. Efimov. Khabarovsk: V/o 'Lesoproekt', Far East Trest, 1955. 133 p. (in Russian).

11. Урусов В.М., Варченко Л.И. Мозаика климатопов как условие выживания дубравного на юге Дальнего Востока // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: матлы XVII Междунар. научно-практической конф. Барнаул: Из-во Алтайского университета, 2019. С. 397–401.

Urusov V.M., Varchenko L.I. Mosaic of climatops as a condition for the survival of the oak forest complex in the south of the Far East // Problems of botany of South Siberia and Mongolia: Sbornik XVII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Barnaul, 2019. P. 397–401 (in Russian).

12. Майорова Л.А. Основные климатипы местообитаний пихтово-еловых лесов Приморья // Исследование и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири / Под ред. В.М. Урусова. Владивосток: Дальнаука, 2005. Вып. 6. С. 176–195.

Mayorova L.A. Osnovnye klimatipi mestoobitaniy pikh-tovo-elovykh lesov Primorskogo kraia // Issledovaniie i konstruyivaniie landshaftov Dalnego Vostoka i Sibiri. Vladivostok: Dalnauca. 2005. V. 6. P. 176–195 (in Russian).

УДК 633.174:631.584.5(470.44/.47)

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ
КОРМОВ В ОДНОВИДОВЫХ И ПОЛИВИДОВЫХ ПОСЕВАХ
В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****Родина Т.В., Бочкарева Ю.В., Асташов А.Н., Каменева О.Б.,
Поминов А.В., Бабушкин Д.Д.***ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго
и кукурузы «Россорго», Саратов, e-mail: rossorgo@yandex.ru*

В статье представлены результаты исследований возделывания злаковых культур с зернобобовыми в поливидовых посевах для производства сочных кормов. Одним из факторов повышения урожайности надземной биомассы кормовых растений является увеличение листовой поверхности, так как она составляет большую долю выращиваемой продукции. Результаты наших исследований показывают, что в фазу максимального развития (молочно-восковая спелость) в поливидовых посевах площадь листовой поверхности была значительно выше, чем в одновидовых. Биохимический состав зеленой массы кормосмесей представлен основными качественными показателями, такими как: сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, сырая зола и БЭВ на абсолютно сухое вещество. При анализе полученных данных установлено, что в абсолютно сухих растениях вигны и сои сырого протеина содержится в 2,2–2,5 раза больше, чем в кукурузе и чумизе. В результате опыта выявлены кормосмеси, отличающиеся высоким содержанием сухого вещества: кукуруза в смеси с соей и вигной (8,99 т/га и 8,05 т/га соответственно). Сравнительная оценка вариантов опыта по продуктивности показала, что одновидовые посева уступали поливидовым. Среди кормосмесей наибольшая урожайность надземной биомассы получена у кукурузы в смеси с вигной – 32,22 т/га, у смеси кукуруза с соей урожайность была ниже на 1,6%, однако сбор сухого вещества и протеина увеличился на 10,4% и 6,3% соответственно. Наибольший выход валовой энергии получен при выращивании кукурузы в смеси с соей – 154,32 ГДж/га. Интервал изменчивости энергетической ценности в поливидовых посевах составляет 81,34–154,32 ГДж/га.

Ключевые слова: поливидовые посева, урожайность, вигна, соя, площадь листовой поверхности, продуктивность

**SOME ASPECTS OF HIGH-QUALITY FEED PRODUCTION IN SINGLE-SPECIES
AND MULTI-SPECIES CROPS IN THE LOWER VOLGA REGION****Rodina T.V., Bochkareva Y.V., Astashov A.N., Kameneva O.B.,
Pominov A.V., Babushkin D.D.***Russian Research and Design Institute of Sorghum and Maize «Rossorgo»,
Saratov, e-mail: rossorgo@yandex.ru*

The article presents the results of research on the cultivation of cereal crops with legumes in multivid crops for the production of juicy feed. One of the factors for increasing the yield of the above-ground biomass of fodder plants is the leaf surface, since it accounts for a large share of the grown products. The results of our studies show that in the phase of maximum development (milk-wax ripeness), the surface area of the leaf in polyvid crops was significantly higher than in single-species. The biochemical composition of the green mass of fodder mixtures is represented by the main qualitative indicators: raw protein, raw fat, raw fiber, raw ash and BEV for an absolutely dry substance. Analyzing the obtained data, it was found that absolutely dry plants of vigna and soybeans of raw protein contain 2.2–2.5 times more than corn and chumiz. As a result of the experience, fodder mixtures were found that are characterized by a high content of dry matter: corn in a mixture with soy and vigna (8.99 t/ha and 8.05 t/ha, respectively). A comparative evaluation of the productivity experience options showed that single-species crops were inferior to polyvid crops. Among fodder mixtures, the highest yield of aboveground biomass was obtained from corn in a mixture with whigna – 32.22 tons/ha, in a mixture of corn and soybean, the yield was 1.6% lower, but the collection of dry matter and protein increased by 10.4% and 6.3%, respectively. The highest yield of gross energy was obtained when growing corn in a mixture of soybeans – 154.32 GJ/ha. The range of variability of energy value in polyvid crops is: 81.34–154.32 GJ/ha.

Keywords: mixed crops, yield, vigna, soy, leaf surface area, productivity

Для эффективного развития животноводства необходимо создание прочной кормовой базы, поэтому первоочередной задачей является производство дешевых высокобелковых кормов, сбалансированных по содержанию протеина и минеральных веществ. Ведущее место в решении этой проблемы занимают однолетние

кормовые культуры и их совместное выращивание. Такие посева вследствие рационального использования факторов жизнедеятельности растений позволяют увеличить выход продукции с гектара и тем самым обеспечивают стабильные урожаи высококачественной зеленой массы [1–3].

При правильном подборе культур в поливидовых посевах формируются благоприятные условия для развития сельскохозяйственных растений. Достигаются оптимальные густота стояния растений и площадь листовой поверхности, снижаются засоренность посевов, повреждаемость вредителями и поражаемость болезнями; все это в комплексе повышает продуктивность сложных агрофитоценозов и их устойчивость к биотическим и абиотическим факторам внешней среды [4].

Использование корма, не сбалансированного по протеину, ведет к перерасходу кормов, поэтому следует шире использовать поливидовые посевы злаковых и бобовых культур для повышения урожайности надземной биомассы и питательной ценности. В одновидовых посевах злаковые культуры дают массу, богатую углеводами, но с недостаточным содержанием протеина; бобовые культуры – наоборот, и в конечном итоге сложные агроценозы позволяют получить сбалансированный, питательный корм. Расширение ассортимента кормовых культур за счет зернобобовых (вигны, сои) позволит повысить продуктивность сельскохозяйственных животных и значительно улучшить качество кормов, прежде всего по содержанию в них кормового белка, сбалансированного по содержанию аминокислот [5–7]. Укрепление кормовой базы за счет применения в сельском хозяйстве преимуществ поливидовых посевов, а также изучение закономерностей их формирования имеют большое значение для развития животноводства.

Цель исследования: изучить особенности формирования одновидовых и поливидовых посевов, обеспечивающих получение максимального урожая зеленой биомассы высокого качества в условиях юго-востока Саратовской области.

Материалы и методы исследования

С целью определения особенностей формирования урожая надземной биомассы в сложных агроценозах и выделения перспективных вариантов кормосмесей в 2018–2019 гг. на опытном поле института ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» заложены полевые опыты по следующей схеме: в качестве контрольных вариантов высевались монопосевы кукурузы, чумизы, вигны и сои, а в качестве изучаемых – двухкомпонентные смеси злаковых культур с зернобобовыми. Норма посева в поливидовом посеве снижалась от рекомендуемой нормы для одновидовых посевов на 25 %.

Сорта сои и вигны при возделывании в поливидовых посевах с кукурузой и чумизой должны обладать высокой степенью устойчивости к загущению травостоя и хорошо ветвиться. Наиболее полно этим требованиям отвечают следующие районированные сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений и допущенные к использованию в регионе: Радуга (кукуруза), Стачуми-3 (чумиза), Соер-4 (соя), Олеся (вигна). Подготовка участка перед посевом включала боронование и две предпосевные культивации. Посев культур в опыте проведен овощной сеялкой СО-4.2 широкорядным способом (ширина междурядий – 70 см) смесью семян в один ряд. Размещение делянок – рандомизированное, площадь опытной делянки – 210 м², повторность – трехкратная.

Почва опытных участков – чернозем южный, механический состав – тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 5–6%; нитратного азота – 3,0–4,5 мг, подвижного фосфора – 3–4 мг, обменного калия – 15–21 мг на 100 г почвы. Определение нитратов проводилось ионометрическим методом: ГОСТ 26951-86, определение подвижных соединений фосфора и калия – по методу Мачигина: ГОСТ 26205-91. Учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [8, 9]. Агротехника выращивания – зональная: разработанная научными учреждениями Нижнего Поволжья. Математическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова с помощью программного обеспечения «Agros 2.09».

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из факторов накопления вегетативной массы и совместимости компонентов в кормосмесях является высота растений каждого компонента. Установлена последовательность роста стебля в высоту: от прорастания до фазы бутонизации у бобовых и выметывания у злаковых культур. В фазе цветения бобовых и злаковых культур этот процесс проходит ускоренно и достигает своего наивысшего значения [10]. Изменяется архитектура кормосмеси, формируется ярусность травостоя из-за разных темпов роста злаковых и зернобобовых культур. Нижний ярус занимали соя и вигна, верхний – кукуруза и чумиза. Стоит отметить, что такие расхождения по ярусам в целом благоприятны

для агроценоза. Наличие в агрофитоценозе разновидовых растений с различными биологическими особенностями позволяет полно и экономно использовать основные факторы жизнедеятельности: свет, влагу, элементы питания.

В результате наблюдений установлено, что через 10 дней после появления всходов кукуруза, отличаясь более высокими начальными темпами роста, была выше растений вигны и сои (на 6–8 см). Зернобобовые культуры на начальных этапах развивались медленнее, что обусловлено, прежде всего, их биологическими особенностями и более чувствительной реакцией на длину светового дня, поэтому на протяжении всей вегетации они занимали нижний ярус, уступая по высоте кукурузе и чумизе. При уборке на зеленый корм соя в поливидовых посевах с кукурузой была выше на 3,9 см по сравнению с ее одновидовым посевом (табл. 1). Кукуруза выделялась по высоте растений (210,1 см в чистом посеве): по всем вариантам опыта доминировала и отличалась от остальных кормовых культур. При выращивании чумизы в смеси с вигной отмечена наименьшая высота растений в опыте по сравнению с их одновидовыми посевами. Высота растений чумизы при монопосеве составила 117,4 см, что на 11,2% выше совместного посева с вигной. Максимальный среднесуточный прирост в высоту наблюдался у кукурузы (5,2 см) в смеси с вигной (4,0 см), тогда как в чистом посеве кукурузы

этот показатель был ниже на 13,5% (4,5 см), а у вигны – на 77,% (0,9 см), это обусловлено высокой конкурентностью растений в сложных агроценозах.

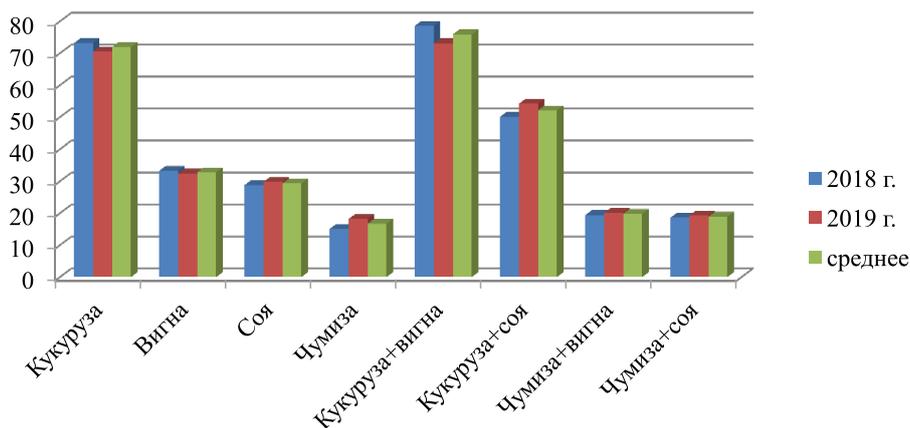
Одним из факторов повышения урожайности надземной биомассы кормовых растений является площадь листовой поверхности, так как она составляет большую долю выращиваемой продукции. При создании сложных агроценозов формируется неоднородная ассимилирующая поверхность, изменяется освещенность растений в посевах. Из-за сочетания листьев разной формы, их длины и ширины поглощается широкий спектр солнечных лучей и, следовательно, меняются условия формирования фотосинтетического аппарата кормовых растений, что способствует их более продуктивной работе. Результаты наших исследований показывают, что в фазу максимального развития (молочно-восковая спелость) в поливидовых посевах площадь листовой поверхности была значительно выше, чем в одновидовых. Максимальная площадь листовой поверхности в кормосмесях приходилась на кукурузу, как в чистом виде, так и в смеси с зернобобовыми. Так, в кормосмеси кукуруза + вигна она составила 75,9 тыс. м²/га (рисунок). При монопосеве чумизы отмечена наименьшая площадь листовой поверхности – 16,7 тыс. м²/га, однако при совместном выращивании в смеси с вигной и соей она увеличилась на 19% и 14% соответственно.

Таблица 1

Сравнительная оценка высоты растений в одновидовых и поливидовых посевах

Культура/смесь	Норма высева, млн шт. всхожих семян/га	Высота растений, см		
		2018 г.	2019 г.	среднее
Кукуруза	0,13	219,3	200,8	210,1
Вигна	0,30	71,2	83,3	77,3
Соя	0,60	70,1	84,1	77,1
Чумиза	1,00	120,6	114,1	117,4
Кукуруза + вигна	0,09/0,22	213,1	208,1	210,6
		72,2	105,8	89,0
Кукуруза + соя	0,09/0,45	225,2	193,0	209,1
		79,3	82,6	81,0
Чумиза + вигна	0,75/0,22	105,2	103,2	104,2
		68,8	74,1	71,5
Чумиза + соя	0,75/0,45	101,3	99,5	100,4
		77,2	74,8	76,0
F _{факт}		153,05*	103,32*	
HCP _{0,05}		4,95	4,90	

Примечание: * – степень достоверности на 0,05%-ном уровне значимости.



Площадь листовой поверхности в одновидовых и поливидовых посевах в фазу максимального развития, тыс. м² с гектара

Таблица 2

Биохимический состав надземной биомассы одновидовых и поливидовых посевов, убираемых на зеленый корм, среднее за 2018–2019 гг.

Культура/смесь	Сухое вещество, %	Содержание на абсолютно сухое вещество, %				
		Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Кукуруза	28,44	8,53	2,40	24,75	4,39	59,93
Вигна	19,79	16,29	2,64	27,51	11,00	42,56
Соя	25,14	16,14	5,18	23,81	9,63	45,24
Чумиза	29,11	9,11	3,17	31,24	8,21	48,27
Кукуруза + вигна	24,99	13,00	2,82	26,72	6,84	50,62
Кукуруза + соя	27,43	12,48	3,25	23,75	8,84	51,68
Чумиза + вигна	27,35	13,49	2,82	29,97	9,88	43,84
Чумиза + соя	28,54	13,13	4,73	27,17	8,92	46,05
F _{факт}	1,83*	67,34*	165,65*	18,82*	83,81*	18,86*
НСР _{0,05}	25,64	1,07	0,24	1,92	0,68	3,96

Примечание: * – степень достоверности на 0,05 %-ном уровне значимости.

Изменение биохимического состава надземной биомассы происходит в процессе роста и развития, причем у разных видов растений наблюдаются отличия. В ранние сроки развития зеленая масса содержит больше влаги, протеина и меньше клетчатки. В процессе роста растения грубеют, снижается количество влаги в стеблях и листьях, наращивается клетчатка, увеличивается доля сухого вещества [11, 12]. Биохимический состав зеленой массы кормосмесей представлен основными качественными показателями, такими как: сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, сырая зола и БЭВ на абсолютно сухое вещество (табл. 2). Установлено, что в абсолютно сухих растениях вигны и сои сырого про-

теина содержится в 2,2–2,5 раза больше, чем в кукурузе и чумизе. Поэтому включение сои и вигны в состав смеси повышает содержание сырого протеина в сухой биомассе в сравнении с монопосевами. В кормосмесях максимальное содержание протеина (13,49 %) отмечено при выращивании чумизы с вигной. Однако по сбору надземной биомассы с единицы площади этот вариант показал наименьшие значения. Содержание жира по вариантам опыта варьировало от 2,40 % до 5,18 %, причем наибольшее количество отмечено в чистом посеве биомассы сои, в урожае двухкомпонентной смеси с чумизой ее объемы обеспечили 4,73 %, что на 8,68 % выше по сравнению с одновидовым посевом просовидной культуры.

Таблица 3

Выход валовой энергии и продуктивность чистых и поливидовых посевов кормовых культур, 2018–2019 гг.

Культура/смесь	Урожайность биомассы, т/га		Сбор протеина, т/га	Валовая энергия в 1 кг сухой биомассы, МДж/кг	Выход валовой энергии, ГДж/га
	при уборке	сухого вещества			
Кукуруза	29,66	8,44	0,72	4,96	147,23
Вигна	12,43	2,46	0,40	3,34	41,49
Соя	13,48	3,39	0,55	4,45	59,96
Чумиза	16,36	4,76	0,43	4,97	81,34
Кукуруза + вигна	32,22	8,05	1,05	4,35	140,14
Кукуруза + соя	32,76	8,99	1,12	4,71	154,32
Чумиза + вигна	18,19	4,97	0,67	4,64	84,45
Чумиза + соя	19,83	5,66	0,74	5,00	99,24
F _{факт}	15,21*	16,95*	13,24*		
НСР _{0,05}	7,01	1,94	0,23		

Примечание: * – степень достоверности на 0,05%-ном уровне значимости.

Важно отметить, что величина урожая поливидовых посевов и биохимический состав растений оказали влияние на питательность надземной биомассы. Сравнительная оценка вариантов опыта по продуктивности показала, что одновидовые посевы уступали поливидовым. Среди кормосмесей наибольшая урожайность надземной биомассы получена у кукурузы в смеси с вигной – 32,22 т/га, у смеси кукуруза с соей урожайность была ниже на 1,6%, однако сбор сухого вещества и протеина увеличился на 10,4% и 6,3% соответственно (табл. 3). При монопосеве чумизы урожайность зеленой массы составила 16,36 т/га, а при выращивании в смеси с вигной и соей – 18,19 и 19,83 т/га соответственно. По выходу сухого вещества в одновидовых посевах преимущество имела кукуруза (8,44 т/га). Среди злаково-бобовых смесей по сбору сухого вещества наиболее продуктивными оказались смеси кукурузы и сои (8,99 т/га) и кукурузы и вигны (8,05 т/га). Возделывание в поливидовых посевах зернобобовых культур повышало обеспеченность надземной биомассы протеином с гектара. Сбор протеина в кормосмеси кукуруза + соя составил 1,12 т/га, что на 35,7% выше одновидового посева кукурузы. При выращивании чумизы в чистом виде получено 0,43 т/га протеина, а в смеси с соей этот показатель увеличился на 42,0% и составил 0,74 т/га. Таким образом, возделывание кормовых культур в смесях приобретает функциональный тип дифференциации экологических ниш.

Содержание валовой энергии характеризует энергетическую ценность кормов. Вследствие изменчивости урожайности надземной биомассы, а также показателей биохимического состава наблюдается различие по выходу валовой энергии с гектара. В опытах наибольший выход валовой энергии (5,00 МДж/кг) получен у чумизы в смеси с соей. Биоэнергетическая оценка возделывания сложных агроценозов показала, что наибольший выход валовой энергии получен при выращивании кукурузы в смеси с соей, он составил 154,32 ГДж/га. Интервал изменчивости энергетической ценности в сложных агроценозах составляет 81,34–154,32 ГДж/га. У чумизы в смеси с соей выход валовой энергии составил 99,24 ГДж/га, что на 22,01% выше одновидового посева чумизы. По всем вариантам опыта наблюдается тенденция увеличения выхода валовой энергии с гектара при выращивании кормовых культур с соей и вигной в сравнении с чистыми посевами.

Заключение

Таким образом, в условиях Нижнего Поволжья целесообразно выращивать злаковые культуры совместно с зернобобовыми, так как значительно повышается питательная ценность укосной массы. Урожайность кукурузы в смеси с вигной и соей на 8,63% и 10,45% соответственно выше в сравнении с ее одновидовым посевом. Сложные агроценозы чумизы с зернобобовыми культурами по сбору протеина на 43,3% и 72,09%

превышали значения ее посевов в чистом виде. По урожайности надземной биомассы и выходу валовой энергии чистый посев кукурузы мало уступал поливидовым посевам с зернобобовыми. Однако кормосмесь кукуруза + соя содержит больше протеина и по сбору с гектара превышает одновидовой посев кукурузы на 35,7%, данная масса хорошо поедается животными.

Экспериментально установлено, что ни одна культура в отдельности не может обеспечить животных сбалансированным кормом. Скармливание одновременно нескольких культур, различающихся биохимическим составом и кормовой ценностью, позволит уменьшить перерасход кормов и снизить затраты на производство животноводства.

Список литературы / References

1. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Невежин С.Ю. Инновационная технология возделывания поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях // Земледелие. 2014. № 8. С. 33–34.
2. Dronova T.N., Burtseva N.I., Nevezhin S.Y. Innovative technology for cultivating multi-species crops of perennial grasses on irrigated lands // Zemledeliye. 2014. No. 8. P. 33–34 (in Russian).
3. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании. Теория и практика. М., 2014. 135 с.
4. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. Fodder production in agriculture, ecology and environmental management. Theory and practice. M., 2014. 135 p. (in Russian).
5. Сепиханов А.Г. Ресурсосберегающая и экологически безопасная технология возделывания однолетних кормовых культур в чистых и поливидовых посевах // Вавиловские чтения – 2009: материалы Межд. науч.-практ. конф. Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. С. 185–187.
6. Sepikhanov A.G. Resource-saving and environmentally safe technology for cultivating annual fodder crops in clean and multivoid crops // Vavilovskiye chteniya – 2009: materialy Mezhd. nauch.-prakt. konf. Saratov: OOO Izdatel'stvo «KU-BiK», 2009. P. 185–187 (in Russian).
7. Костерин М.Ю., Нафиков М.М. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов кормовых культур в лесостепи Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8663> (дата обращения: 15.11.2020).
8. Kosterin M.Y., Nafikov M.M. Productivity of single-species and mixed crops of fodder crops in the Volga forest-steppe // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. No. 2. [Electronic resource]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8663> (date of the application: 15.11.2020) (in Russian).
9. Васин А.В., Кожевникова О.П., Кузнецов К.А. Поливидовые посевы с зернобобовыми культурами на зеленый корм // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 4. С. 3–6.
10. Vasin A.V., Kozhevnikova O.P., Kuznetsov K.A. Multivoid crops with leguminous crops on green feed // Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2011. No. 4. P. 3–6 (in Russian).
11. Косолапов В.М. Перспективы развития кормопроизводства России // Кормопроизводство. 2008. № 8. С. 2–10.
12. Kosolapov V.M. Prospects for the development of fodder production in Russia // Kormoproizvodstvo. 2008. No. 8. P. 2–10 (in Russian).
13. Фаритов Т.А. Корма и кормовые добавки для животных: учебное пособие. 2010. 304 с.
14. Faritov T.A. Feed and feed additives for animals: Textbook. 2010. 304 p. (in Russian).
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 2011. 352 с.
16. Dospekhov B.A. Technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). M.: Kolos, 2011. 352 p. (in Russian).
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. 329 с.
18. Method of state variety testing of crops. M., 2019. 329 p. (in Russian).
19. Асташов А.Н., Родина Т.В. Эффективность использования смешанных посевов с целью получения высококачественного корма в условиях Нижнего Поволжья // Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта: материалы Международной научной экологической конференции (г. Краснодар, 29–30 марта 2016 г.). Краснодар, 2016. С. 96–98.
20. Astashov A.N., Rodina T.V. Efficiency of use of mixed crops in order to obtain high-quality feed in the Lower Volga region // Sovmeshchennyye posevy polevykh kul'tur v sevooborote agrolandshafa: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii (g. Krasnodar, 29–30 marta 2016 g.). Krasnodar, 2016. S. 96–98 (in Russian).
21. Ананиади Л.И. Способ повышения питательной ценности кормов за счет использования многокомпонентных посевов // Кормопроизводство. 2005. № 5. С. 28–30.
22. Ananiadi L.I. Method for increasing the nutritional value of feed by using multicomponent crops // Kormoproizvodstvo. 2005. No. 5. P. 28–30 (in Russian).
23. Асташов А.Н., Родина Т.В. Эффективность использования сорговых культур в поливидовых посевах с амарантом // Кукуруза и сорго. 2016. № 3. С. 28–32.
24. Astashov A.N., Rodina T.V. Efficiency of use of sorghum crops in multivoid crops with amaranth // Kukuruza i sorgo. 2016. No. 3. P. 28–32 (in Russian).

УДК 630.265

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
ВДОЛЬ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ****Уразова А.Ф., Нагимов З.Я.***ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
Екатеринбург, e-mail: urazovaaf@m.usfeu.ru*

Лесные насаждения вдоль железнодорожных путей, создаваемые для их защиты от снежных заносов, продуктов ветровой эрозии и других негативных явлений, являются неотъемлемой частью транспортного комплекса. Изучение состояния и мелиоративной роли защитных насаждений является необходимым условием для разработки мероприятий по их содержанию и повышению эффективности выполняемых ими функций. В статье рассматривается значение защитных лесных насаждений вдоль железнодорожных путей. Приведена краткая история защитного лесоразведения на железнодорожном транспорте. Дан общий обзор состояния защитных лесных насаждений Свердловской железной дороги и выполняемых ими защитных функций. Выявлено, что в последние десятилетия в недостаточном объеме проводились работы по лесомелиоративному обустройству полосы отвода дорог, уходу, капитальному и восстановительному ремонту лесных насаждений. С использованием данных лесоустройства проведен анализ структуры и состояния защитных лесных насаждений искусственного происхождения на Екатеринбургском линейном участке (направление Екатеринбург – Карбышево). Установлено, что на этом участке защитные полосы сильно изрежены, характеризуются высоким отпадом деревьев. Из-за преклонного возраста деревья практически потеряли порослевую способность. В ближайшей перспективе можно ожидать полное расстройство и распад данных насаждений. Аналогичная ситуация характерна и для насаждений других линейных участков Свердловской железной дороги. Плохое санитарное состояние защитных насаждений приводит к падению деревьев на железнодорожные пути. Только за 2020 г. произошло 16 таких падений деревьев, в результате которых происходило повреждение контактной сети и возникли продолжительные перерывы в движении поездов. Авторами предложен перечень неотложных мероприятий для сохранения и поддержания функционального потенциала защитных лесных насаждений вдоль железнодорожных путей Свердловской железной дороги.

Ключевые слова: Свердловская железная дорога, защитные лесные насаждения, санитарное состояние, лесополоса, полоса отвода, посадки

**CURRENT STATE OF PROTECTIVE FOREST STANDS
ALONG THE SVERDLOVSK RAILWAY****Urazova A.F., Nagimov Z.Ya.***Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, e-mail: urazovaaf@m.usfeu.ru*

Forest stands along railway tracks created to protect them from snow drifts, wind erosion products and other negative phenomena are an integral part of the transport complex. The study of the state and reclamation role of protective plantings is a necessary condition for the development of measures to maintain them and improve the efficiency of their functions. The article discusses the importance of protective forest stands along railway tracks. A brief history of protective afforestation in railway transport is given. A general overview of the state of protective forest stands of the Sverdlovsk Railway and the protective functions performed by them is given. It is revealed that in recent decades, insufficient work has been carried out on the forest reclamation arrangement of the right-of-way, care, capital and restoration repair of forest plantations. Using forest management data, the structure and condition of protective forest stands of artificial origin on the Yekaterinburg linear section (Yekaterinburg-Karbyshevo direction) were analyzed. It is established that in this area the protective strips are very thin, characterized by a high drop-off of trees. Due to their advanced age, the trees have almost lost their growth capacity. In the near future, we can expect a complete breakdown and disintegration of these plantings. A similar situation is typical for plantings of other linear sections of the Sverdlovsk Railway. The poor sanitary condition of the protective plantings leads to the fall of trees on the railway tracks. In 2020 alone, there were 16 such tree falls, which resulted in damage to the contact network and caused long interruptions in train traffic. The authors propose a list of urgent measures to preserve and maintain the functional potential of protective forest plantations along the railway tracks of the Sverdlovsk Railway.

Keywords: Sverdlovsk railway, protective forest plantations, sanitary condition, forest belt, right-of-way, landings

Свердловская железная дорога образована в 1953 г. в результате объединения Пермской и Свердловской железных дорог. В настоящее время она является важным транспортным звеном между европейской и азиатской частями России, с запада на восток тянется на полторы тысячи километров, а в северном направлении пересекает Полярный круг. Свердловская магистраль обслуживает около 1500 подъездных

путей (на 2006 г. их было 1332), её услугами пользуются более 12 тыс. промышленных предприятий. Эксплуатационная длина дороги составляет 7152,2 км, а развернутая – 13 852,5 км. Плотность железнодорожных путей общего пользования достигает 181 км путей на 10 000 кв. км территории. Управление дороги находится в г. Екатеринбурге.

Успешное функционирование железнодорожного транспорта зависит от состояния

и развития его инфраструктурных объектов. В этом плане важное место занимают защитные насаждения в полосе отвода дорог, которые выполняют функции инженерных сооружений, применяемых в системе мер по обеспечению бесперебойного движения поездов, повышения провозной и пропускной способности дорог.

Цель исследования: оценка состояния и мелиоративной роли защитных лесных насаждений вдоль железнодорожных путей Свердловской железной дороги и разработка предложений по их содержанию и повышению эффективности выполняемых ими функций.

Материалы и методы исследования

Использование лесных насаждений для защиты дорог имеет давнюю историю. Еще в XIX в. стали проводиться лесокультурные работы по созданию биологических инженерных сооружений. В 1861 г. впервые для предотвращения заносов путей снегом были посажены двухрядные живые изгороди из ели на бывшей Московско-Нижегородской железной дороге. Массовое лесоразведение на железнодорожном транспорте началось в послереволюционное время. В марте 1921 г. было принято постановление «Об организации древесно-кустарниковой растительности на путях Республики». Оно послужило началом для широкомасштабных работ по созданию зеленых насаждений вдоль практически всех железнодорожных дорог нашей страны [1]. Результаты этих работ показали, что в борьбе со снежными заносами защитные лесные насаждения (ЗЛН) более надежны, долговечны и эффективны, чем механические способы – создание снегозадерживающих щитов и заборов. К 1950 г. общая площадь защитных лесонасаждений вдоль железных дорог превысила 100 тыс. га, а их протяженность – более 27 тыс. км. В 1955 г. почти все дистанции пути главного хода освободились от щитового ограждения, и началась активная работа по возведению «живой защиты» вдоль железных дорог, на которую не жалели средств. В настоящее время площадь лесных насаждений искусственного и естественного происхождения на землях железнодорожного транспорта России составляет 400 тыс. га, из которых 257 тыс. га приходится на искусственно созданные насаждения [2].

ЗЛН с соответствующими конструктивными характеристиками вдоль железных дорог выполняют функции инженерных

сооружений. Причем наилучший защитный эффект достигается, когда насаждения образуют защитную систему лесополос, а не представляют собой обособленные посадки. Защитные насаждения защищают пути не только от песчаных и снежных заносов, но и от селей, лавин, оползней, водных потоков, выдувания легких фракций из земляной призмы (насыпи), а также других природных явлений, неблагоприятных для функционирования железнодорожного транспорта. В зимний период они прикрывают линии электроснабжения от вредного воздействия ветра и гололедных обледенений. По данным Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) защитные лесные полосы способствуют увеличению скорости подвижного состава на перегонах за счет снижения силы ветра. При этом экономия горюче-смазочных материалов и электроэнергии достигает 12%.

Насаждения, произрастающие вдоль железных дорог, выполняют также эстетические, санитарно-гигиенические и экологические функции, свойственные всем насаждениям естественного и искусственного происхождения. В малолесных и безлесных участках путей они выступают одновременно в роли полезащитных полос [3, 4]. Таким образом, ЗЛН вдоль железных дорог имеют не только узковедомственное, но и большое общегосударственное значение.

Как и любое инженерное сооружение, лесные насаждения вдоль железных дорог требуют соответствующего ухода, ремонта и непрерывного воспроизводства на протяжении всего срока защитной службы. Они могут успешно произрастать и функционировать только при целенаправленной человеческой деятельности [5–7].

В 1940 г. для успешного выполнения работ по созданию защитных насаждений и вводу их в эксплуатацию, а также для надлежащего содержания естественных лесов в полосе отвода железных дорог, в структуре МПС СССР были организованы специальные районные конторы и производственные участки по живой снегозащите. Во исполнение приказа Н № 1130 от 25 ноября 1940 г. на Свердловской железной дороге Дорожная районная контора по снегозащите была создана на ст. Богданович. В 1955 г. в связи с возросшими объемами лесокультурных и лесохозяйственных работ, расширением функций по эксплуатации и охране насаждений, а также в целях совершенствования организационной структуры, районные

конторы и лесозащитные станции железных дорог СССР были реорганизованы в Дистанции защитных лесонасаждений. Они были оснащены новейшей для того времени техникой и укомплектованы высококвалифицированными специалистами: лесоводами, механизаторами.

По состоянию на 1 января 1956 г. Шарташская дистанция защитных лесонасаждений (г. Екатеринбург) обслуживала 2701 км железнодорожных путей. На этом протяжении имелось по 1246 км снегозащитных участков с каждой стороны пути (слева + справа). Их защита от отложения снежных масс осуществлялась: на протяжении 1465 км естественными насаждениями, на 82 км – хвойными изгородями, на 295 км – искусственными хвойно-лиственными и лиственными лесными полосами. Протяжённость незаносимых участков составляла 1485 км с каждой стороны пути (слева + справа). В их состав входили 1871 км естественных насаждений и 47 км ветроослабляющих и скотооградительных защитных лесных полос. Площадь лесов в границах полосы отвода составляла примерно 16,6 тыс. га, в том числе искусственных насаждений – 1306 га.

Лесными посадками были защищены почти все снего- и пескозаносящие участки путей. Благодаря этому прекратились перерывы и сбои в движении поездов из-за непогоды, а путейцы практически забыли о снегоборьбе на перегонах, на которую когда-то ежегодно затрачивалось до 90% от общего объема расходов на устранение заносов.

В 1980-х гг. внимание к ЗЛН в стране стало снижаться. Созданная с огромным трудом и четко функционировавшая производственная система оказалась сегодня разрушенной. Дистанции защитных насаждений были упразднены. Вначале были упразднены специализированное управление в путевском Главке МПС, а также соответствующие подразделения на железных дорогах и отделение защитных лесонасаждений во ВНИИЖТ, которое занималось научным и методическим сопровождением в области защитных лесных насаждений на железнодорожном транспорте. Затем произошло укрупнение линейно-производственных участков, которое привело к ухудшению управления, снижению качества работ и сокращению числа специалистов на производственных участках. Резко сократилось финансирование и материально-техническое снабжение производственных

организаций, прекратились все научно-исследовательские работы по снегозащите и ЗЛН, а имеющийся научный задел не реализовывался в новых нормативно-технических документах и иных практических рекомендациях.

В XXI в. деградация системы управления ЗЛН вдоль железных дорог продолжилась. На основании приказа начальника Свердловской железной дороги № 102/Н от 28.05.2001 г. создается Дистанция защитных лесонасаждений Свердловской железной дороги путем слияния Пермской, Свердловской и Егоршинской дистанций защитных лесонасаждений. С 2013 г. обязанности по уходу за ЗЛН возложены на отдел по содержанию полосы отвода «Дистанции инженерных сооружений – структурного подразделения Свердловской дирекции инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД». В функции этой организации входят: валка деревьев, угрожающих падением на ЛЭП и железнодорожный путь, вырубка нежелательной древесно-кустарниковой растительности, проведение противопожарных мероприятий, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, охрана деревьев от самовольной вырубки, назначение насаждений в рубку в полосе отвода, а также контроль работы подрядных организаций. На участке работают 27 человек, включая административный аппарат. Для сравнения: в 2010 г. число работников составляло 202 человека.

В последние годы ситуация только усугубляется. Сегодня работа вышеуказанной организации направлена на очистку полосы отвода от нежелательной древесно-кустарниковой растительности, рубку и уборку опасных деревьев, а не на работы, связанные с содержанием защитных лесонасаждений и улучшением их защитно-мелиоративной эффективности. Прекращены работы по лесомелиоративному обустройству полосы отвода, во время которых проводятся инвентаризация и определение качественного состояния всех защитных насаждений. Мероприятия по уходу за лесными насаждениями практически сведены к нулю, не проводятся озеленительные работы железнодорожных станций. Перестали разрабатываться перспективные планы организации и ведения хозяйства, которые служили основой для текущего планирования агротехнических, лесокультурных, лесохозяйственных и лесовосстановительных мероприятий в полосе отвода. В штате

Свердловской железной дороги нет специалистов, занимающихся научно-исследовательской работой в области снеговедения и лесомелиорации. Отсутствие необходимого количества специалистов, техники (тракторов, корчевателей, плугов и другой тяжелой техники) и специализированного современного оборудования не позволяет осуществлять работы по капитальному и восстановительному ремонту лесных насаждений в достаточном объеме. У большей части имеющихся технических средств сроки амортизации превышены как минимум в 1,5–2 раза.

Ряд работ по созданию и содержанию защитных лесных полос на территории Свердловской железной дороги переведен на аутсорсинг, когда к работам привлекаются сторонние организации. Однако для сторонних организаций выполнение мелиоративных, противопожарных, лесовосстановительных и оздоровительных мероприятий с соблюдением всех норм и правил невыгодно в финансовом положении. Потому есть опасения, что, отдав ЗЛН на аутсорсинг, можно потерять их.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время на землях Свердловской железной дороги 4837,8 км развернутой протяженности являются участками, заносимыми снегом в зимний период. Причем степень отложения снежных масс на разных участках различна. 19,7% этого протяжения защищаются лесными насаждениями искусственного происхождения, а 54,3% – естественными лесами. Защиту путей от переноса снега осуществляют 3851,7 га искусственных защитных полос, 70 км хвойных изгородей и 18694,8 га естественного леса. Кроме этого 10617,9 га защитных полос обеспечивают защиту железнодорожного полотна от ветра, выбросов вредных веществ и ограждения железнодорожного полотна. Ежегодная потребность в рубках ухода на дороге составляет около 3000 га.

Проведенный нами анализ состояния защитных лесных насаждений искусственного происхождения на Екатеринбургском линейном участке (направление Екатеринбург – Карбышево) по материалам последнего лесоустройства (1999–2001 гг.) позволяет отметить следующее. На данном участке защитные насаждения в основном создавались в периоды с 1934–1938 (27%) и 1954–1958 гг. (30%). Защитные полосы

в основном представлены березой повислой (60,0% по площади) и тополем бальзамическим (19,0%). Данные породы сравнительно недолговечны, их насаждения уже к моменту лесоустройства относились к спелым и перестойным. Защитные полосы сильно изрежены, характеризуются высоким отпадом деревьев (рисунок). Из-за преклонного возраста деревья практически потеряли способность давать поросль. В ближайшей перспективе можно ожидать полное расстройство и распад насаждений. Уже сегодня надо решать вопрос о создании на их месте новых насаждений из перспективных, долговечных и устойчивых древесных пород.



*Защитные лесные насаждения на перегоне
Баженово – Шипелово, 1879 км
(направление Екатеринбург – Карбышево)*

Анализ материалов лесоустройства по другим линейным участкам позволяет констатировать, что значительная часть ЗЛН вдоль железных дорог в пределах Свердловской области имеет аналогичные характеристики. Они из-за недостаточного внимания к ним в последние десятилетия находятся в запущенном состоянии, имеют преклонный возраст и практически потеряли свои защитные функции. Следует отметить, что о таком состоянии защитных насаждений свидетельствуют данные 20-летней давности. Можно предположить, что современное их состояние еще хуже. Несмотря на большое значение защитных лесных полос для экологии и экономики региона, в последние десятилетия в них не проводились необходимые мероприятия по поддержанию их конструкции, сохранению выполняемых ими функций и улучшению санитарного состояния. Известно, что защитные насаждения нуждаются в регулярном уходе, и только тогда они эффективно выполняют свои функции.

Сведения Свердловской дирекции инфраструктуры о падении деревьев в 2020 г.
на Свердловской железной дороге

№ п/п	Перегон, км	Причина падения	Характеристика дерева	Поврежденный объект	Задержка
1	Тугулым – Кармак, 2085	ветер	две ели, признаков опасного дерева не имели	ВЛ ПЭ, путь	16 ч 21 мин
2	Юшала – Бахметская, 2067	ветер	сухостойная сосна, за полосой отвода	ВЛ АБ	
3	Адуй – Костоусово, 56	шторм	береза, признаков опасного дерева не имело	путь	28 мин
4	Ива – Салка, 25	шторм	осина, признаков опасного дерева не имело	контактная сеть	
5	Рзд. № 1 – о.п. 31 КМ, 27	шторм	тополь, признаков опасного дерева не имело	контактная сеть	43 мин
6	ст. Каменск-Уральский, 292	ветер	тополь, признаков опасного дерева не имело	контактная сеть	
7	Чепца – Кез, Кез – Кабалуд, Кабалуд – Кузьма	шторм	113 деревьев, находились в охранной зоне ВЛ, плановые деревья (массовое падение деревьев, наброс веток)	ВЛ ПЭ, ВЛ АБ	52 часа 43 мин
8	Шурала – Ежевая, 7	пожар	береза, подгорание корней	путь	
9	Дружинино – Ильмовка, 1577	ветер	две осины, стволовая гниль	путь	1 час 9 мин
12	Ива – Салка, 26	ветер	береза, корневая гниль	путь	
11	Баранчинская – Лая, 333	ветер	береза, признаков опасного дерева не имело	путь	
10	Кузино – Дружинино, 234	ветер	береза, признаков опасного дерева не имело	путь	
13	Пальники – Дивья, 23	ветер	береза, признаков опасного дерева не имело	ВЛ АБ	
14	Тавда 2 – Сетово. 168	ветер	осина, признаков опасного дерева не имело	путь	6 ч 48 мин
15	Грязновская – Богданович, 1907	ветер	ель, признаков опасного дерева не имело	ВЛ АБ	11 ч 40 мин
16	Винзили – Богандинская, 2173	ветер	ель, признаков опасного дерева не имело	ВЛ АБ	

Плохое санитарное состояние защитных насаждений влечет падение деревьев на железнодорожные пути. В последние годы такие случаи участились. В таблице приведены сведения Свердловской дирекции инфраструктуры о падении деревьев на железнодорожные пути в 2020 г.

В результате падения деревьев происходит повреждение контактной сети (обрыв проводов), создаются продолжительные перерывы в движении поездов, возникает потенциальная угроза схода подвижного состава с рельсов.

Заключение

В целом анализ материалов лесоустройств 1999–2001 гг. позволяет отметить следующее. Защитные насаждения железнодорожных путей сами нуждаются в защите и уходе. Если сегодня допустить гибель этих насаждений, то на их восстановление потребуется значительно больше средств,

чем на содержание и улучшение их состояния. В связи с тем, что сегодня ЗЛН выполняют функции инженерных сооружений, обеспечивающих защиту путей от многих неблагоприятных природных явлений и бесперебойную работу железнодорожного транспорта, для их сохранения и поддержания функционального потенциала необходимо проведение следующих неотложных мероприятий:

- проведение инвентаризации расположенных в полосе отвода дорог защитных лесных насаждений с определением их таксационной характеристики, показателей жизнеспособности и санитарного состояния и защитной эффективности;
- разработка научно обоснованных рекомендаций по реконструкции, уходу и сохранению ранее созданных защитных насаждений;
- разработка проектов по созданию новых защитных насаждений взамен насаждений, утративших свои защитные функции;

- реконструкция существующих защитных лесонасаждений за счет введения в их состав быстрорастущих древесных пород и перспективных кустарников;
- разработка правил безопасного хозяйственного использования имеющихся в защитных насаждениях древесных ресурсов и способов оздоровления насаждений;
- комплексное проведение рубок ухода и санитарных рубок древостоев с учетом состояния защитных насаждений.

Одним из перспективных методов наблюдений за состоянием защитных насаждений может стать дистанционная оценка, ориентированная на использование космодатоинформации [8]. Усилия ученых должны быть направлены на разработку современных технологий дешифрирования космоснимков, полученных для защитных насаждений в полосе отвода дорог. Эти технологии для искусственных насаждений в защитных полосах могут быть другими, чем в естественных древостоях [9]. Космоснимки могут позволить объективно оценивать имеющиеся угрозы для безопасности движения поездов и рационально планировать расходы на мониторинг за насаждениями в полосах отвода. Космоснимки позволяют установить фактическое размещение насаждений, соответствие их проекту, а также оценить динамику изменений, произошедших с ними за несколько лет.

Статья написана в рамках научной темы FEUG-2020-0013 «Экологические аспекты рационального природопользования» УГЛТУ.

Список литературы

1. Сарычева А.А. Экологическая роль и состояние зеленых насаждений вдоль железных дорог // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2019. № 1. С. 84–86.
- Sarycheva A.A. Ecological role and state of green spaces along railways // Istoriya i perspektivy razvitiya transporta na severe Rossii. 2019. No. 1. P. 84–86 (in Russian).
2. Алексеева Н.А. «Живая защита» старая и большая // Транспортный портал Gudok.ru. 2007. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=730468> (дата обращения: 12.01.2021).
- Alekseeva N.A. «Live protection» old and sick // Transportnyy portal Gudok.ru. 2007. No. 4. [Electronic resource].

URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=730468> (date accessed: 12.01.2021) (in Russian).

3. Здорнов И.А., Нагимов З.Я., Капралов А.В. Санитарное состояние придорожных защитных лесных полос в условиях северного Казахстана // Успехи современного естествознания. 2018. № 3. С. 44–51.

Zdornov I.A., Nagimov Z.Ya., Kapralov A.V. Sanitary condition of roadside protective forest strips in the conditions of northern Kazakhstan // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. No. 3. P. 44–51 (in Russian).

4. Здорнов И.А., Капралов А.В. Очерк состояния защитных лесных насаждений Республики Казахстан // Национальная ассоциация ученых (НАУ): Ежемесячный научный журнал. 2015. № 4 (9). Ч. 5. С. 153–157.

Zdornov I.A., Kapralov A.V. Outline of the state of protective forest plantations of the Republic of Kazakhstan // Natsionalnaia assotsiatsiia uchenykh: Yezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal. 2015. No. 4 (9). P. 153–157 (in Russian).

5. Антипов Б.В. Системный подход к изучению растительных сообществ в условиях железнодорожного транспорта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 9. С. 46–52.

Antipov B.V. System approach to the study of plant communities in the conditions of railway transport // Aktualnyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk. 2012. No. 9. P. 46–52 (in Russian).

6. Минаков Д.Е., Платонов А.А., Минаков Е.Ю. Современные требования к текущему содержанию земельных участков полосы отвода и охранных зон транспортной инфраструктуры // Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 230–236.

Minakov D.E., Platonov A.A., Minakov E.Yu. Modern requirements for the current maintenance of land plots of the allotment zone and security zones of transport infrastructure // Transport: nauka, obrazovaniye, proizvodstvo. Rostovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya. Voronezh, 2020. P. 230–236 (in Russian).

7. Уразова А.Ф., Азаренок В.А., Герц Э.Ф. Оценка воздействия технологий заготовки древесины на окружающую среду: учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. 122 с.

Urazova A.F., Azarenok V.A., Hertz E.F. Assessment of the impact of wood harvesting technologies on the environment: uchebnoye posobiye. Yekaterinburg: UGLTU, 2020. 122 p. (in Russian).

8. Nizametdinov N.F., Nagimov Z.Y. Automatic analysis of the tree crowns through image processing. CEUR Workshop Proceedings. Сер. «CSASE 2018 – Proceedings of the Annual Scientific International Conference on Computer Systems, Applications and Software Engineering» 2018.

9. Кириллов С.Н., Матвеева А.А. Применение защитных лесных насаждений вдоль железных дорог для повышения устойчивости экотехнических систем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5–2. С. 188–190.

Kirillov S.N., Matveeva A.A. Application of protective forest plantations along railways to increase the stability of ecotechnical systems // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2011. Vol. 13. No. 5–2. P. 188–190 (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 528.21(620)

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ЛОКАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОИДА
ДЛЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕГИПТА****Баранов В.Н., Елшеви М.А., Эль Мокдад Б.Р., Фунг Ч.Т.***Государственный университет по землеустройству, Москва, e-mail: mimoelshewy@gmail.com*

Технологии глобальных навигационных спутниковых систем (далее – ГНСС) играют значительную роль в современном мире. ГНСС обеспечивают геодезическую высоту, высоту над эллипсоидом, тогда как в инженерной практике обычно используются ортометрические высоты. Таким образом, важно преобразовать геодезические высоты в ортометрические высоты с помощью точной модели геоида. В этом исследовании для создания локальной модели геоида была предпринята попытка использования методов полиномиальной регрессии и искусственной нейронной сети (далее – ИНС) на прибрежных территориях Средиземного и Красного морей. Кроме того, в исследуемых областях оценивалась точность нескольких глобальных моделей гравитационного потенциала Земли (далее – ГПЗ), особенно EGM2008, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1 и XGM2019e_2159. 87 опорных точек (с данными спутникового нивелирования) для побережья Средиземного моря и 75 для побережья Красного моря использовались для создания локальных моделей геоида и оценки точности ГПЗ. Точность локальных моделей геоида, полученных на прибрежных территориях Средиземного и Красного морей с использованием ИНС, с погрешностью не более $\pm 0,03$ м и $\pm 0,04$ м соответственно. Эти модели использовались для оценки ГПЗ в исследуемых областях. Результаты показывают, что XGM2019e_2159 представляет наиболее точную ГПЗ на прибрежной территории Средиземного моря с погрешностью не более $\pm 0,14$ м. В то время как GECO представляет наиболее точную ГПЗ модели на прибрежной территории Красного моря с погрешностью не более $\pm 0,26$ м. Рекомендуется учитывать новые методы мягких вычислений, такие как ИНС, в процессе разработки точной национальной модели египетского геоида.

Ключевые слова: ГНСС/нивелирование, искусственная нейронная сеть, полиномиальная регрессия, локальная модель геоида

**RESEARCH ON CREATING LOCAL GEOID MODELS FOR THE COASTAL
TERRITORIES OF EGYPT****Baranov V.N., Elshevi M.A., El Mokdad B.R., Fung T.T.***State University of Land Use Planning, Moscow, e-mail: mimoelshewy@gmail.com*

Global navigation satellite systems (GNSS) technologies play a significant role in the modern world. The main dilemma in GNSS surveying is the ellipsoidal based heights type, whereas in engineering practice usually orthometric heights are used. Thus, it is important to convert GNSS heights into orthometric heights by applying an accurate geoid model. In this study, to create a local geoid model an attempt was made using polynomial regression and Artificial Neural Network (ANN) techniques on the coastal areas of the Mediterranean and Red Seas. Also, the accuracy of several Global Geopotential Models (GGMs) especially EGM2008, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1, and XGM2019e_2159 was evaluated in the study areas. 87 GNSS /leveling data reference points for the Mediterranean coast and 75 for the Red Sea coast were used to create the local geoid models and to evaluate the accuracy of the GGMs. The accuracy of local geoid models obtained in the coastal territories of the Mediterranean and Red Seas using the ANN was with an error of no more than ± 0.03 m and ± 0.04 m, respectively. These models were used to evaluate the GGMs in the study areas. The results show that XGM2019e_2159 represents the most accurate global geopotential model on the coastal areas of the Mediterranean with an error of no more than ± 0.14 m. While GECO represents the most accurate global geopotential model on the coastal areas of the Red Sea with an error of no more than ± 0.26 m. It is recommended that the new soft computing techniques such as ANN should be considered in the undergoing development of an accurate national Egyptian geoid model.

Keywords: GNSS/levelling, Artificial Neural Network, polynomial regression, local geoid model

В последнее время одним из наиболее часто используемых методов практической геодезии являются ГНСС. ГНСС обеспечивают трехмерную фиксацию, по которой получается высота над эллипсоидом. Геодезические высоты – чисто математические, не имеющие физического смысла. В инженерных работах используются ортометрические высоты, т.е. высоты над геоидом. Чтобы в полной мере использовать потенциал ГНСС, необходимо установить взаимосвязь между геодезической высотой

и ортометрической высотой посредством моделирования геоида. Связь между геодезической высотой (H), ортометрической высотой (H^g) и высотой геоида (ζ) задается уравнением (1), рис. 1. В Египте многие исследования в последние годы были сосредоточены на определении модели геоида для всей территории или для некоторых важных областей, например [1, 2]. Даже сейчас точное моделирование геоида остается актуальной задачей.

$$H^g = H - \zeta, \quad (1)$$

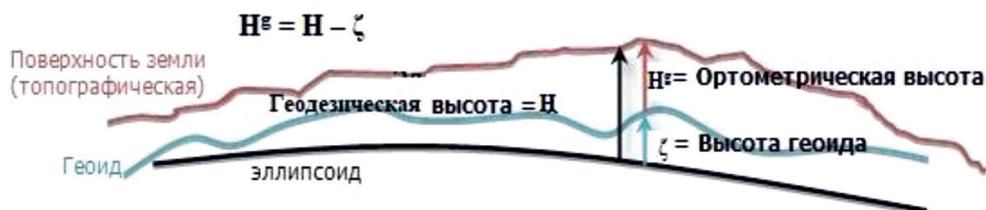


Рис. 1. Связь между высотами геодезической, ортометрической и геоида

Данные ГНСС/нивелирования обычно используются для определения высоты геоида ($\zeta_{\text{ГНСС/Нив}}$) в опорных точках и для оценки высоты геоида от ГПЗ ($\zeta_{\text{ГПЗ}}$) в этих точках [3]. Например, существует ряд исследований, посвященных изучению производительности ГПЗ [4, 5]. Для определения геоида можно использовать спутниковое нивелирование метода. Полиномиальные модели являются одной из популярных и широко используемых математических моделей. Общая форма полиномиальной модели: $\zeta(\varphi, \lambda) = a_1\varphi^n + a_2\lambda^n + \dots$. Например, полином второй степени:

$$\zeta(\varphi, \lambda) = a_1\varphi^2 + a_2\lambda^2 + a_3\varphi\lambda + a_4\varphi + a_5\lambda + a_6, \quad (2)$$

где от a_1 до a_6 – шесть коэффициентов преобразования.

Недавно ИНС стала одним из новых методов разработки моделирования геоида, рис. 2. Elshambaky подтвердил, что многослойная нейронная сеть с прямой связью с двумя нейронами является наиболее точной из исследованных методик преобразования [6]. Albaugh сообщил, что модель геоида, идентифицированная с помощью ИНС, кажется более надежной по сравнению с моделью, рассчитанной с использованием традиционных методов интерполяции [7].

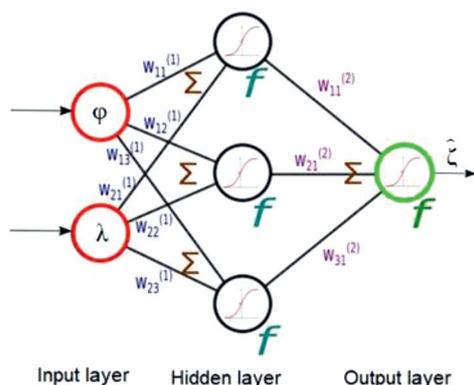


Рис. 2. Схематическое изображение ИНС

В связи с вышесказанным целью данного исследования является создание локальных моделей геоида в прибрежных территориях Средиземного и Красного морей с использованием ГНСС/нивелирования данных от 162 опорных точек, а затем использование этих моделей для оценки точности глобальных моделей геоида, EGM2008, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1 и XGM2019e_2159 в исследуемых областях.

Материалы и методы исследования

Область исследования и измерения

Область исследования охватывает большинство морских побережий Египта, граничащего со Средиземным и Красным морями. Побережье Средиземного моря простирается примерно на 700 км от Сиди Баррани (31°29'14.94"N, 26°36'18.80"E) до побережья Северной Синай (31°2'49.11"N, 33°0'21.81"E). Побережье Красного моря простирается примерно на 800 км от Суэца через Хургаду (29°47'22.98"N, 32°26'24.40"E) до Халаеба и Шалатина (24°12'25.52"N, 35°25'51.29"E). На рис. 3 показан план изучаемых территорий. Район исследования на прибрежной территории Средиземного моря включал 87 реперов, а район исследования на прибрежной территории Красного моря – 75 реперов. Точные данные нивелирования были собраны с помощью точного нивелира Leica NA2 путем привязки петель нивелирования первого порядка к национальной вертикальной системе координат Египта. Погрешность ортометрических высот составляет не более $\pm 1,0$ см по отношению к ближайшим точкам государственной сети нивелирования. Кроме того, измерения GNSS для 162 реперов были выполнены относительно национальной геодезической системы координат Египта. Двухчастотные геодезические приемники Trimble 5700 использовались в относительном статическом режиме на базовой опорной станции в течение 2 ч

для наблюдений каждого ровера. Геодезические высоты рассчитывались для каждой станции в каждом сеансе с погрешностью не более $\pm 2-3$ см.

Методика исследования

Чтобы создать локальные модели геоида для побережья Средиземного и Красного морей, можно использовать многие методы моделирования поверхности для повышения точности модели. В этом исследовании для моделирования локальной поверхности геоида использовались методы полиномиальной регрессии и ИНС. Локальные модели геоида были созданы с использованием опорных точек (спутниковых нивелированных точек) для побережья Средиземного и Красного морей с использованием полиномиальной регрессии и ИНС. Полиномиальная регрессия и ИНС оценивались в разных вариантах. Высоты разработанного геоида рассчитывались на основе созданных локальных моделей геоида из лучших моделей. Для оценки точности высот геоида, полученных из EGM08, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1 и XGM2019e_2159, высоты геоида из этих моделей сравнивались с высотами геоида, полученными из лучших моделей. Эти шаги более подробно описаны в следующих подразделах.

Создание локальной модели геоида с помощью метода полиномиальной регрессии

Для создания локальной модели геоида методом регрессии, вначале высоты геоида опорных точек были рассчитаны с использованием уравнения (1). После этого в процессе регрессии использовались широта и долгота точек. Использовались четыре степени полиномиальной регрессии; таким образом, четыре локальные модели геоида были получены как комбинация вариантов с использованием уравнений (3)–(6).

$$\zeta(\varphi, \lambda) = a_1 \varphi + a_2 \lambda + a_3, \quad (3)$$

$$\zeta(\varphi, \lambda) = a_1 \varphi^2 + a_2 \lambda^2 + a_3 \varphi \lambda + a_4 \varphi + a_5 \lambda + a_6, \quad (4)$$

$$\zeta(\varphi, \lambda) = a_1 \varphi^3 + a_2 \lambda^3 + a_3 \varphi^2 \lambda + a_4 \varphi \lambda^2 + a_5 \varphi^2 + a_6 \lambda^2 + a_7 \varphi \lambda + a_8 \varphi + a_9 \lambda + a_{10}, \quad (5)$$

$$\zeta(\varphi, \lambda) = a_1 \varphi^4 + a_2 \lambda^4 + a_3 \varphi^2 \lambda^2 + a_4 \varphi^3 \lambda + a_5 \varphi \lambda^3 + a_6 \varphi^3 + a_7 \lambda^3 + a_8 \varphi^2 \lambda + a_9 \varphi \lambda^2 + a_{10} \varphi^2 + a_{11} \lambda^2 + a_{12} \varphi \lambda + a_{13} \varphi + a_{14} \lambda + a_{15}. \quad (6)$$

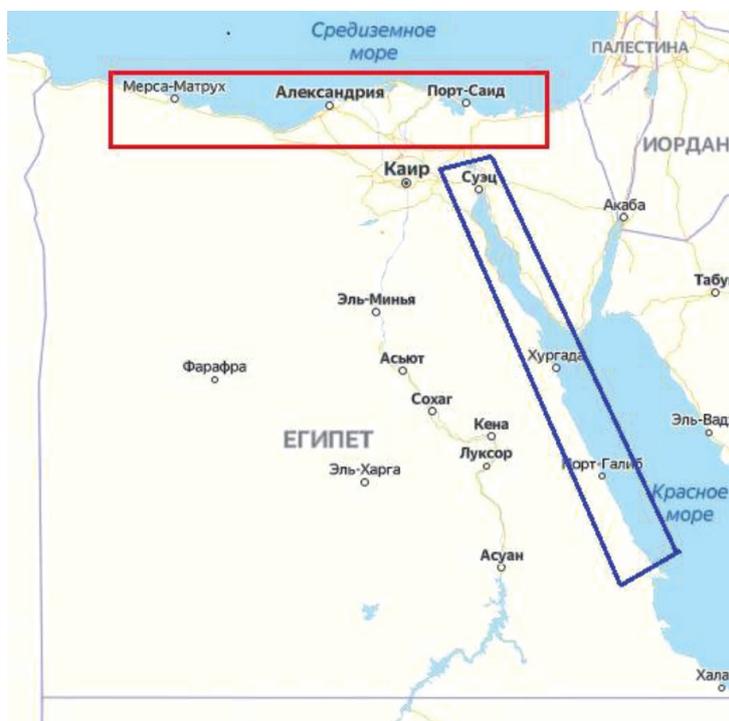


Рис. 3. Расположение зоны исследования

*Создание локальной модели геоида
с помощью ИНС*

Существуют различные модели техники ИНС, включая многослойную нейронную сеть с прямой связью, радиальную базисную сеть, сеть обобщенной регрессии и вероятностные сети. В этом исследовании для создания локальных моделей геоида был выбран вариант многослойной прямой связи, поскольку он обладает хорошими репрезентативными возможностями. Модели ИНС были созданы с использованием программного обеспечения MATLAB R2016a. В этом исследовании лучший результат был получен с двумя скрытыми слоями и десятью нейронами после тестирования нескольких различных сетевых структур. TANSIG использовался в качестве передаточной функции. Чтобы оценить точность метода ИНС для создания локальной модели геоида и в то же время для сравнения между ИНС и полиномиальной регрессией, здесь были выполнены те же 4 варианта, которые использовались с методом полиномиальной регрессии.

*Оценка ГПЗ на побережьях Средиземного
и Красного морей*

Чтобы оценить точность EGM08, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1 и XGM2019e_2159, высоты геоида ГПЗ ($\zeta_{ГПЗ}$) для опорных точек были получены из расчетной службы ICGEM [8]. После этого локальные высоты геоида, полученные из ГПЗ, сравнивались с локальными высотами геоида, полученными из ГНСС/нивелирования, с использованием уравнения

$$\Delta\zeta = \zeta_{ГПЗ} - \zeta_{л}, \quad (7)$$

где $\zeta_{л}$ – высоты геоида, полученные из лучших моделей полиномиальной регрессии или ИНС для данных ГНСС/нивелирования.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Для берегов Средиземного и Красного морей были рассчитаны фактические значения высоты геоида для всех 162 опорных точек. Затем эти высоты геоида были интерполированы с использованием методов полиномиальной регрессии и ИНС для получения поверхностей, представляющих локальные модели геоидов на этих побережьях.

*Локальные модели геоида
для побережья Средиземного моря*

Чтобы оценить точность полиномиальной регрессии и ИНС при создании локальной модели геоида на побережье Средиземного моря, были выполнены 4 локальные модели геоида с использованием ϕ и λ в 1-й, 2-й, 3-й и 4-й степенях. После этого значения $\zeta_{ГНСС/нив-пр}$ и $\zeta_{ГНСС/нив-инс}$ высоты геоида из этих моделей сравнивались с $\zeta_{ГНСС/нив}$ для тех же точек. В табл. 1 представлены полученные результаты.

Из табл. 1 видно, что лучшей локальной моделью геоида для побережья Средиземного моря была четвертая модель при использовании ϕ и λ в 4-й степени полиномиальной регрессии. Кроме того, результаты показали, что лучшей локальной моделью геоида от ИНС для побережья Средиземного моря была вторая модель при использовании ϕ и λ в 2-й степени. Во всех четырех моделях точность, полученная с помощью ИНС, была лучше, чем точность, полученная с помощью полиномиальной регрессии.

*Локальные модели геоида
для побережья Красного моря*

Здесь были выполнены те же шаги, что и при создании локального геоида на побережье Средиземного моря. В табл. 2 представлены полученные результаты.

Таблица 1

Результаты статистического анализа $\zeta_{ГНСС/нив-пр}$ и $\zeta_{ГНСС/нив-инс}$ и $\zeta_{ГНСС/нив}$ на побережье Средиземного моря

	Модели из полиномиальной регрессии				Модели из ИНС			
	1-я степень	2-я степень	3-я степень	4-я степень	1-я степень	2-я степень	3-я степень	4-я степень
Среднее (м)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	-0,001	0,001	-0,002
СКО (м)	0,507	0,209	0,082	0,060	0,045	0,032	0,061	0,035
Диапазон	2,237	1,042	0,654	0,383	0,327	0,180	0,481	0,226
Минимальное (м)	-1,154	-0,522	-0,294	-0,222	-0,070	-0,103	-0,106	-0,139
Максимальное (м)	1,083	0,520	0,360	0,161	0,257	0,078	0,375	0,087

Лучшей моделью для локального геоида на побережье Красного моря с полиномиальной регрессией была четвертая модель при использовании φ и λ в 4-й степени, это показано в табл. 2. Кроме того, результаты показали, что лучшей локальной моделью геоида от ИНС была третья модель при использовании φ и λ в 3-й степени. В четырех моделях точность, полученная с помощью ИНС, была лучше, чем точность, полученная с помощью полиномиальной регрессии.

Оценка точности высот геоида, полученных из глобальных моделей геоида

Высоты геоида EGM08, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1 и XGM2019e_2159 для всех опорных точек на побережьях Средиземного и Красного морей были получены из службы расчетов ICGEM. Затем по урав-

нению (7) были рассчитаны различия между $\zeta_{ГПЗ}$ и $\zeta_{л}$. $\Delta\zeta$ -EGM, $\Delta\zeta$ -EIG, $\Delta\zeta$ -GEC, $\Delta\zeta$ -SGG, $\Delta\zeta$ -XGM – это разница между высотами геоидов из EGM08, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1 и XGM2019e_2159 и высотами геоидов из лучших моделей соответственно. Для побережья Средиземного моря лучшим локальным геоидом была вторая модель с использованием φ и λ в 2-й степени из метода ИНС. В то время как для побережья Красного моря лучшим локальным геоидом была третья модель с использованием φ и λ в 3-й степени из метода ИНС. На рис. 4 и 5 показаны $\Delta\zeta$ -EGM, $\Delta\zeta$ -EIG, $\Delta\zeta$ -GEC, $\Delta\zeta$ -SGG, $\Delta\zeta$ -XGM на побережьях Средиземного и Красного морей соответственно.

В табл. 3 и 4 представлено сравнение между $\zeta_{ГПЗ}$ и $\zeta_{л}$ для побережья Средиземного и Красного морей соответственно.

Таблица 2

Результаты статистического анализа $\zeta_{ГНСС/нив-пр}$ и $\zeta_{ГНСС/нив-инс}$ и $\zeta_{ГНСС/нив}$ на побережье Красного моря

	Модели из полиномиальной регрессии				Модели из ИНС			
	1-я степень	2-я степень	3-я степень	4-я степень	1-я степень	2-я степень	3-я степень	4-я степень
Среднее (м)	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	-0,003	0,000	-0,001
СКО (м)	0,230	0,198	0,166	0,162	0,046	0,043	0,038	0,041
Диапазон	1,127	0,920	0,681	0,617	0,340	0,194	0,168	0,208
Минимальное (м)	-0,554	-0,400	-0,329	-0,314	-0,201	-0,112	-0,084	-0,094
Максимальное (м)	0,573	0,520	0,352	0,303	0,139	0,081	0,085	0,114

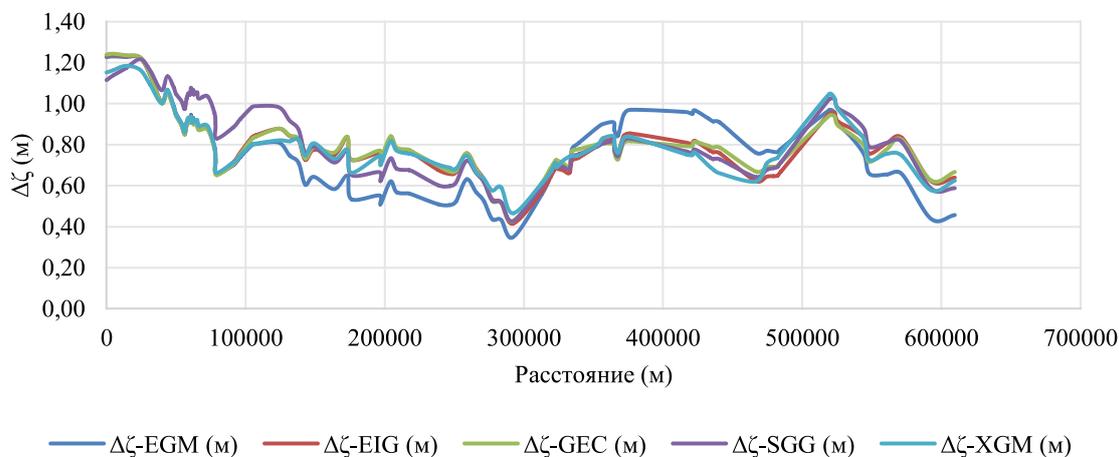


Рис. 4. Различия между высотами геоида из глобальных моделей геоида и высотами геоида из разработанной локальной модели геоида на побережье Средиземного моря

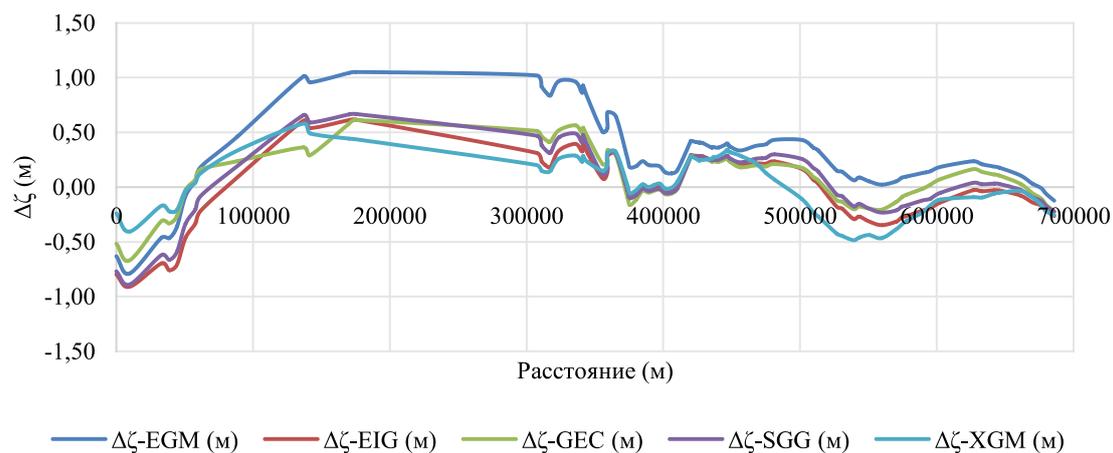


Рис. 5. Различия между высотами геоида из глобальных моделей геоида и высотами геоида из разработанной локальной модели геоида на побережье Красного моря

Таблица 3

Сравнение $\zeta_{ГПЗ}$ и $\zeta_{л}$ для побережья Средиземного моря

	EGM08	EIGEN-6C4	GECO	SGG-UGM-1	XGM2019e_2159
Среднее (м)	0,783	0,807	0,811	0,836	0,805
СКП (м)	0,197	0,150	0,144	0,178	0,138
Диапазон	0,864	0,793	0,794	0,733	0,662
Минимальное (м)	0,376	0,453	0,458	0,462	0,504
Максимальное (м)	1,240	1,246	1,252	1,195	1,166

Таблица 4

Сравнение $\zeta_{ГПЗ}$ и $\zeta_{л}$ для побережья Красного моря

	EGM08	EIGEN-6C4	GECO	SGG-UGM-1	XGM2019e_2159
Среднее (м)	0,313	0,017	0,106	0,072	0,031
СКП (м)	0,386	0,327	0,261	0,319	0,266
Диапазон	1,840	1,527	1,281	1,558	1,064
Минимальное (м)	-0,789	-0,910	-0,669	-0,890	-0,484
Максимальное (м)	1,052	0,617	0,612	0,668	0,580

Из табл. 3 видно, что на побережье Средиземного моря точность пяти моделей была близка друг к другу, но с небольшим преимуществом для XGM2019e_2159. Из табл. 4 видно, что на побережье Красного моря наблюдалось заметное превосходство точности GECO над остальными моделями.

Заключение

В последние годы одной из интересных и сложных задач в области геодезической съемки является точное определение ортометрических высот по данным ГНСС

измерений. Таким образом, это исследование было предпринято для определения подходящих локальных моделей геоида для геодезических приложений на побережьях Египта. Для этого были использованы методы полиномиальной регрессии и ИНС для моделирования локальной поверхности геоида. Кроме того, была проведена оценка точности некоторых ГПЗ на побережьях Средиземного и Красного морей. Основываясь на предыдущем анализе и полученных численных результатах, точность определения локальной модели геоида на прибрежных территориях Сре-

диземного и Красного морей с использованием ИНС было с погрешностью не более $\pm 0,03$ м и $\pm 0,04$ м соответственно. Что касается оценки ГПЗ, полученные результаты показывают, XGM2019e_2159 и GECO представляют собой самые точные из ГПЗ на прибрежных территориях Средиземного и Красного морей с погрешностью не более $\pm 0,14$ м и $\pm 0,26$ м соответственно.

Список литературы / References

1. El-Ashquer M.A. An improved hybrid local geoid model for Egypt, Doctoral dissertation, Zagazig University, 2017. 170 p.
2. Dawod G.M., Abdel-Aziz T.M. Utilization of geographically weighted regression for geoid modelling in Egypt. *Journal of Applied Geodesy*. 2020. № 14(1). P. 1–12.
3. Erol B., Işık M.S., Erol S. An Assessment of the GOCE High-Level Processing Facility (HPF) Released Global Geopotential Models with Regional Test Results in Turkey. *Remote Sensing*. 2020 Jan. № 12 (3). P. 586.
4. Канушин В.Ф., Ганагина И.Г., Голдобин Д.Н., Мазурова Е.М., Косарев Н.С., Косарева А.М. Современные глобальные модели квазигеоида: точностные характеристики и разрешающая способность // *Вестн. СГУГиТ*. 2017. Т. 22. № 1. С. 30–49.
5. Kanushin V.F., Ganagina I.G., Goldobin D.N., Mazurova E.M., Kosarev N.S., Kosareva A.M. New global models of quasi-geoids: characteristic of accuracy and resolution // *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2017. 22 (1). P. 30–49 (in Russian).
5. Ака Блаш Ульфред. О создании предварительной модели геоида на территорию Республики Кот д'Ивуар // *Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»*. 2019. Т. 63. № 2. С. 134–144. DOI: 10.30533/0536-101X-2019-63-2-134-144.
6. Aka Blash Ulfred. On the creation of a preliminary geoid model for the territory of the Republic Côte d'Ivoire // *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka»*. 2019. 63 (2). P. 134–144 (in Russian).
6. Elshambaky H.T. Application of neural network technique to determine a corrector surface for global geopotential model using GPS/levelling measurements in Egypt. *Journal of applied geodesy*. 2018 Jan 26. № 12 (1). P. 29–43.
7. Albayrak M., Özlüdemir M.T., Aref M.M., Halicioğlu K. Determination of Istanbul geoid using GNSS/levelling and valley cross levelling data. *Geodesy and Geodynamics*. 2020 Mar 19. P. 163–173.
8. ICGEM, International Centre for Global Earth Models (ICGEM). [Electronic resource]. URL: <http://icgem.gfz-potsdam.de/calcpnts> (date of access: 25.12.2020).

УДК 502.4:338.48(571.15)

**ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «САЛАИР»
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИХ ТУРОВ****¹Важов С.В., ²Важов В.М., ³Яськов М.И., ⁴Черемисин А.А.**¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул;²ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет
имени В.М. Шукшина», Бийск, e-mail: vazhov49@mail.ru;³ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», Горно-Алтайск;⁴ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт», Норильск

Алтайский край входит в число перспективных субъектов Российской Федерации в отношении экологического туризма. Этому способствует сохранившаяся во многих местах благодаря аграрной специфике хозяйства региона первозданная природа. Эффективное функционирование системы особо охраняемых природных территорий предопределяет рост популярности экотуризма, что в значительной мере связано с распространением орнитологических туров. Наблюдение за птицами и изучение образа их жизни вызывают все больший интерес у орнитологов-любителей Алтайского края и соседних субъектов страны. Национальный парк «Салаир», расположенный в алтайской части Салаирского кряжа и захватывающий также, кроме Алтайского края, еще и территорию Новосибирской и Кемеровской областей, известен многообразием видового состава хищных птиц, представленных в Красных книгах России, края и сопредельных регионов. В парке и на кряже в целом зарегистрировано 34 вида пернатых хищников из семейств Ястребиные Accipitridae, Соколиные Falconidae и Совиные Strigidae. Большинство из них обитают непосредственно в парке, некоторые могут залетать на его территорию и быть доступными для наблюдения. Туристская привлекательность парка может быть расширена на основе орнитологических туров, так как на его территории имеются очень редкие виды с разным характером пребывания: сапсан, большой подорлик, хохлатый осоед, филин и др. Развитие экологического туризма, в частности путем реализации орнитологических туров, с учетом территориальной оценки национального парка «Салаир», а также обобщенных фаунистических сведений по редким видам хищных птиц предполагает приоритетное использование ландшафтов черновой тайги, практически не затронутой деятельностью человека, а также пойменных угодий Чумыша. Именно здесь отмечается наибольшее видовое разнообразие птиц и имеется возможность их наблюдения на пеших и водных маршрутах.

Ключевые слова: Алтайский край, экологический туризм, орнитологические туры, хищные птицы, национальный парк «Салаир»

**TERRITORIAL ASSESSMENT OF SALAIR NATIONAL PARK
FOR THE IMPLEMENTATION OF ORNITHOLOGICAL TOURS****¹Vazhov S.V., ²Vazhov V.M., ³Yaskov M.I., ⁴Cheremisin A.A.**¹Altai State University, Barnaul;²Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk, e-mail: vazhov49@mail.ru;³Gorno-Altai State University, Gorno-Altaysk;⁴Norilsk State Industrial Institute, Norilsk

Altai krai is one of the most promising subjects of the federation in terms of ecological tourism. This is facilitated by the pristine nature preserved in many places, thanks to the agrarian specifics of the region's economy. The efficient functioning of the system of specially protected natural areas predetermines the growing popularity of ecotourism, which is largely due to the spread of bird tours. Birdwatching and studying their way of life is gaining wider interest among amateur ornithologists of the Altai Territory and neighboring regions of the country. The Salair National Park, located in the Altai part of the Salair Ridge and also capturing, in addition to the Altai Territory, also the territory of the Novosibirsk and Kemerovo Regions, is known for the diversity of the species composition of birds of prey presented in the red books of Russia, the Territory and adjacent regions. In the park, and on the ridge as a whole, 34 species of predators from the families Hawk Accipitridae, Falcon Falconidae and Owl Strigidae were recorded. Most of them live directly in the park, or some can fly into its territory and be available for observation. The tourist attraction of the park can be expanded on the basis of ornithological tours, since very rare species with a different nature of stay are kept on its territory: peregrine falcon, great spotted eagle, crested wasp eater, eagle owl, etc. Development of ecological tourism, in particular, through the implementation of ornithological tours, with Taking into account the territorial assessment of the Salair National Park, as well as generalized faunistic information on rare species of birds of prey, it presupposes the priority use of the landscapes of the black taiga, practically unaffected by human activity, as well as the floodplains of Chumysh. It is here that the greatest species diversity of birds is noted and there is the possibility of observing them on foot and water routes.

Keywords: Altai Territory, ecological tourism, ornithological tours, birds of prey, Salair National Park

Развитию экологического туризма, ориентированного на орнитологические туры, способствует наличие особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Именно здесь сконцентрированы наиболее редкие представители орнитофауны. Птицы при-

дают живописность природным ландшафтам, что служит важным мотивом для их посещения [1].

Орнитофауна является интересным объектом экологического туризма, когда его участники могут наблюдать за птицами с помощью оптических приборов или без них, имеют возможность фотографировать любых представителей пернатых; это одно из самых гуманных хобби человека (бердвотчинг). Особый интерес для наблюдателя представляют хищные птицы, как правило, более заметные по образу жизни и размерам.

Любительская орнитология в качестве разновидности экотуризма приобретает возрастающую популярность на Алтае, увеличивается число желающих побывать в дикой природе и испытать себя в непростых условиях [2]. Одним из таких мест в Алтайском крае, где еще во многих местах сохранилась первозданная природа, является национальный парк «Салаир», расположенный на Салаирском кряже. Поэтому территориальная оценка парка, направленная на изучение хищных птиц, является актуальной.

Природное своеобразие парка определяет развитие многих видов туризма, что обуславливает социально-экономическую перспективу ООПТ. Цель работы – оценка территории парка для реализации орнитологических туров.

Материалы и методы исследования

Распространение хищных птиц в парке и на сопредельных территориях, их население, гнездование изучались в процессе полевых экспедиций в 2013–2018 гг. Для уточнения орнитофауны проанализированы имеющиеся данные литературных и информационных источников. Обобщение полученных результатов проводилось общепринятыми методами [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Территориально Салаирский кряж (Салаир) расположен на северо-западе Алтая – Саянской горной страны на стыке Кемеровской, Новосибирской областей и Алтайского края. Кряж слабо выражен в рельефе, имеет вид низкогорного плато, за исключением восточного склона Тьрган высотой до 200 м. Высшая точка Салаира – г. Кивда с отметкой 621 м [3].

Территория кряжа около двух веков подвергается интенсивному природопользованию, в первую очередь, горнодобывающей промышленностью [4]. Имеющиеся

заказники в пределах кряжа не восполняют стремительно уменьшающееся биоразнообразие, усугубляемое растущим антропогенным прессом, особенно со стороны Кемеровской области, где природа кряжа практически уничтожена. Поэтому не случайно Правительство РФ приняло постановление от 11 сентября 2020 г. № 1399 о создании в алтайской части кряжа национального парка «Салаир» на базе краевых заказников – Тогульского, Ельцовского, Сары-Чумышского – и дополнительных участков [5]. Парк расположен на землях муниципальных образований Заринского, Тогульского, Ельцовского и Солтонского районов, его площадь превышает 161,2 тыс. га, он состоит из 6 кластеров. Указанным постановлением наряду с природоохранными предусмотрены экономические аспекты функционирования парка, направленные на дальнейшее развитие экологического туризма.

Подобная тенденция характерна для многих субъектов Российской Федерации – Минприроды РФ планирует к 2024 г. увеличить туристический поток на ООПТ почти в 5 раз [6].

Территория национального парка «Салаир» многообразна по рельефу и растительности, специфична по водотокам и водоемам, не все ландшафты подходят для экотуризма, так как он несет определенные риски для экосистем, которые служат его объектами. Орнитологические туры должны быть ограниченными по количеству участников из-за опасности деградации экосистем.

В пределах кряжа и в парке зарегистрировано 34 вида хищных птиц с разным характером пребывания из семейств Ястребиные Accipitridae, Соколиные Falconidae и Совиные Strigidae. Большинство птиц обитает непосредственно в парке, некоторые могут эпизодически залетать на его территорию и быть доступными для наблюдения. Видовой состав редких пернатых хищников кряжа и сопредельных территорий представлен ниже.

Ястребиные Accipitridae, учтено 18 видов [7], из которых 12 являются редкими и внесены в Красные книги разных уровней.

– Обыкновенный осоед, редкий вид, занесен в Красную книгу Кемеровской области [8]. При гнездовании предпочитает окраины смешанных лесов, разреженных вырубками или прогалинами, избегает сплошных хвойников. Может занимать старые гнезда канюков и других птиц.

– Хохлатый осоед. Редок, представлен в Красных книгах Алтайского края [9], Но-

востибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Наблюдался в разных местах кряжа. Известно жилое гнездо на сопредельной территории Тогульского и Заринского районов на пологом водоразделе двух малых притоков Тогула – рек Крутишка и Мочище. Гнезда строит чаще в редкоствольных лиственных или осветленных смешанных лесах, по долинам водотоков и склонам увалов, избегает темнохвойных насаждений.

– Луговой лунь. Редкая птица, вероятно гнездование в алтайской части Салаира, внесена в Красные книги Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Гнездится в разных местах на поверхности почвы вблизи открытой заболоченной территории с наличием высокой и густой лугово-болотной или кустарниковой растительности.

– Малый перепелятник. Редкий вид, представлен в Красных книгах РФ [11], Алтайского края [9] и Кемеровской области [8]. Встречается в разных лесах, чаще в лиственных. Прилетает поздно, в период распускания листьев. Ежегодно строит новые гнезда, располагает их высоко на деревьях.

– Змеяед. Очень редкая птица, предположительно, гнездится. Включена в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9] и Новосибирской области [10]. Для гнездования выбирает местообитания с высокой численностью змей, служащих основной кормовой базой. Избегает присутствия людей. Весной прилетает парами в период выхода змей из зимовки. Придерживается одной и той же территории. Гнезда сооружает на деревьях в труднодоступных местах горно-лесостепной местности, в лесных урочищах, в разреженных, с открытыми пространствами лесах. Есть данные о гнездовании змеяеда на скалах.

– Орел-карлик. Редкий вид. Представлен в Красных книгах Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Этот орел обитает в лесных и лесостепных ландшафтах, предпочитает холмистую местность, предгорья. Придерживается высокоствольных насаждений вблизи открытых пространств и на поймах водотоков. Прилетает в апреле – начале мая. Вскоре после прилета приступает к строительству гнезда, часто использует чужие гнездовые постройки. Возможно обитание этого вида в Ельцовском и Тогульском заказниках.

– Степной орел. Редкий залетный пернатый хищник. Включен в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей.

Осенний отлет орлов начинается в сентябре и продолжается, по-видимому, до конца октября. Отмечен летом 2017 г. на территории Тогульского заказника.

– Большой подорлик. Редкая птица, представлена в Красных книгах Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Весенний прилет подорлика на Алтай отмечается в конце марта – начале апреля, он гнездится на лесоболотных территориях.

После прилета на гнездовый участок чаще всего подновляет старое гнездо. Найдены жилые гнезда в 2013 г. в пойме р. Уксунай в Тогульском заказнике, а также в Солтонском районе вблизи с. Ненинка.

– Могильник. Редкий орел, включен в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Обитает в разнообразных местах, населенных сусликами и другими грызунами. Пары постоянны и могут занимать один и тот же гнездовой участок несколько лет подряд. Известны жилые гнезда на юго-западе кряжа, предполагается гнездование у с. Победа Целинного района, где зарегистрированы две особи.

– Беркут. Редкий пернатый хищник, представлен в Красных книгах РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. В гористой местности предпочитает безлесье или редколесье с характером плоскогорья, с выраженным вертикальным расчленением и скалистыми участками. Избегает сплошных лесов. Пары постоянны, к гнездованию приступают на месяц раньше других орлов: в конце февраля – начале марта, сооружают гнезда на деревьях и отвесных скалах. Может занимать гнезда могильника. Известны факты гнездования беркута на Салаире и в его предгорьях.

– Орлан-белохвост. Редкий вид, включен в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. На места гнездования прилетает рано, до вскрытия рек и озер. Гнездится в безлюдных местах, вблизи пойм, проток и стариц, богатых рыбой, околводными птицами, с наличием высоких деревьев, способных обеспечить размещение крупных гнезд. Пары постоянны и могут занимать гнездовой участок в течение многих лет. В Обском заказнике Алтайского края нам известно жилое гнездо белохвоста, которое используется более 20 лет. Все известные на территории Алтайского края гнезда устроены на деревьях. Иногда орлан занимает гнезда могильника. В алтайской

части Салаира белохвост учтен поздней осенью в 2017 г. на р. Чумыш.

– Черный гриф. Очень редкий залетный пернатый хищник, изредка встречается в тайге Салаирского кряжа. Представлен в Красных книгах РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Предпочитает гористую местность, где концентрируется скот. Пары постоянны, взрослые грифы обычно живут оседло.

Не представлены в Красных книгах такие ястребиные птицы, как черный коршун, полевой лунь, тетеревиный, перепелятник, зимняк и обыкновенный канюк. Они являются обычными в пределах парка.

Соколиные *Falconidae*. Зарегистрировано обитание 7 видов птиц этого семейства [12], среди них 5 редкие и представленные в Красных книгах разного уровня.

– Балобан. Редок, занесен в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Ведет в основном оседлый образ жизни. Своих гнезд не строит, занимает постройки врановых или хищных птиц на деревьях, иногда на опорах ЛЭП, в горах выкапывает небольшую гнездовую ямку в нише скалы. К гнездованию приступает в конце марта – начале апреля, когда длиннохвостые суслики и другие грызуны выходят из нор. Некоторая часть популяции балобанов зимует на Алтае. Известны встречи в гнездовой период в Ельцовском районе, возможно, обитает в подходящих биотопах Тогульского заказника.

– Сапсан. Редкая птица, занесена в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. На Алтай прилетает в конце марта – первых числах апреля, когда появляется основная масса водных и околоводных птиц. Тяготеет к водомам и водотокам со скалистыми или обрывистыми глинисто-песчаными берегами с большими открытыми местами. На Алтае гнездится на труднодоступных скалах среди леса, на прибрежных скалах, на скальных полках с травянистой и кустарниковой растительностью в гористой местности, сплошного леса избегает. Есть примеры размещения гнезд сапсанами на городских зданиях и сооружениях. Привязан к своим гнездовым участкам. В Алтайском крае 6 июля 2016 г. нами впервые установлено 18-летнее гнездование сокола на водонапорной башне в пос. Первомайском вблизи г. Бийска. В 2013–2018 гг. наблюдалось обитание 4 пар сапсанов в предгорьях Салаира у с. Черемшанка.

Установлено гнездование сапсанов в Тогульском заказнике вблизи с. Верх-Коптелка у р. Уксунай и на р. Чумыш в окрестностях дер. Мостовая. На водном маршруте протяженностью 59 км по Чумышу от с. Сары-Чумыш до с. Ельцовка с 8 по 14 июля 2017 г. установлены 7 гнездовых участков с жилыми гнездами и 1 участок с незанятым гнездом.

– Дербник. Редкий сокол. Включен в Красные книги Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Распространен в открытых местах различных ландшафтов, в том числе селищных, где есть скопления мелких птиц. Всюду встречается редко, на пролете более обычен. Прилет весной связан с началом появления основных видов воробьиных птиц. Гнездовые участки практически постоянны, гнезд на деревьях не строит, чаще занимает старые постройки серой вороны. Известны гнезда в полудуплах; в лунках на земле, под пологом кустарника или травостоя; на заброшенных сооружениях человека. Не исключается гнездование на территории Тогульского заказника.

– Кобчик. Редкая птица, представлена в Красных книгах Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Прилетают соколы поздно, в конце апреля – начале мая. Обитают в открытых ландшафтах с деревьями в степной и лесостепной зонах, избегают безлесных открытых пространств и глухих лесов. Гнездятся, в основном, колониально, чаще в грачевниках, есть данные об одиночном гнездовании в местообитаниях, где вид редок. Соколы занимают также старые гнезда ворон и сорок, дупла, норы по обрывам. Предположительно гнездится в парке.

– Степная пустельга. Очень редкий вид, внесенный в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9] и Кемеровской области [8]. Весенний прилет чаще происходит во второй половине марта или в конце апреля. После прилета держится на гнездовом участке около месяца, затем приступает к размножению. Сокол обитает на всхолмленных степных участках с выходами скал, каменистыми буграми и глинистыми обрывами, отмечен на антропогенных сооружениях из камней и глины, где устраивает гнездо в виде небольшой ямки. Осенний отлет к местам зимовок приходится на конец августа – первую половину сентября.

Такие представители соколиных, как чеглок и обыкновенная пустельга, – обычные в парке виды.

Совиные Strigidae представляют особый интерес для любителей-орнитологов из-за скрытого и ночного образа жизни. Зарегистрировано обитание 9 видов сов [13], в том числе 3 редких вида внесены в Красные книги разных уровней.

– Филин. Очень редкая оседлая птица с постоянно сокращающейся численностью, занесена в Красные книги РФ [11], Алтайского края [9], Новосибирской [10] и Кемеровской [8] областей. Установлены косвенные признаки гнездования в Тогульском заказнике. Вероятно гнездование также по всему Салаирскому кряжу.

– Воробьиный сыч. Редкий оседлый гнездящийся вид – дуплогнездник. Занесен в Красные книги Алтайского края [9] и Новосибирской области [10]. Имеются данные о регистрации вида на Салаире в разное время года. Сыч многократно определялся летом 2017 г. по голосу в пойме Чумыша между дер. Мостовая и с. Ельцовка. Часть особей совершает небольшие кочевки осенью и зимой. В этот период встречается в населенных пунктах.

– Бородатая неясыть. Редкая оседлая птица, внесена в Красные книги Алтайского края [9] и Новосибирской области [10]. Наблюдались в поймах Чумыша и Алабья, вблизи ст. Тягун в Заринском районе. При депрессиях популяций мелких млекопитающих кочует, залетает в населенные пункты.

Не представлены в Красных книгах распространённые в парке совиные птицы: ушастая и болотная совы, сплюшка, мохноногий сыч, ястребиная сова и длиннохвостая неясыть.

Более широкому внедрению в практику орнитологических туров на Алтае могут способствовать совершенствование нормативно-правовой базы экологического туризма, целевая подготовка профессиональных орнитологов, знающих основы туристского дела и ориентирующихся в физико-географических особенностях ООПТ; расширение рекламы; улучшение рекреационной инфраструктуры вблизи ООПТ, особенно транспортной составляющей, и др. [14, 15]. В этом случае узкоспециализированный вид экологического туризма, каким является бердвотчинг, расширит сферу своего влияния на экономическую ситуацию в регионе [2].

Заключение

Восприятие нынешнего рекреационно-природопользования достаточно часто сопровождается фактами экологического

неблагополучия, что затрудняет понимание сущности современных природоохранных проблем и успешности их решения. Создание национального парка «Салаир» не только будет способствовать выполнению задач в сфере туризма, его функционирование позволит также расширить природоохранное просвещение в крае.

Список литературы / References

1. Важова Е.В. Рисунок как отражение привлекательности природы Алтая // Успехи современного естествознания. 2013. № 11. С. 192.

Vazhova E.V. Figure as a reflection of the attractiveness of Altai nature // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2013. No. 11. P. 192 (in Russian).

2. Черемисин А.А., Важов С.В., Важов В.М. Территориальная оценка заказников Алтайского края в целях организации орнитологических туров // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 176–181. DOI: 10.17513/use.37382.

Cheremisin A.A., Vazhov S.V., Vazhov V.M. Territorial assessment of the Altai Territory reserves in order to organize ornithological tours // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. No. 4. P. 176–181. DOI: 10.17513/use.37382 (in Russian).

3. Лашинский Н.Н., Седельникова Н.В., Сафонова Т.А., Писаренко О.Ю., Перова Н.В., Горбунова И.А., Лашинская Н.В. Флора Салаирского кряжа. Новосибирск: Академическое Изд-во «Гео», 2007. 252 с.

Lashchinsky N.N., Sedelnikova N.V., Safonova T.A., Pisarenko O.Yu., Perova N.V., Gorbunova I.A., Lashchinskaya N.V. Flora of the Salair Ridge. Novosibirsk: Akademicheskoye izd-vo «Geo», 2007. 252 p. (in Russian).

4. Ветлужских Н.В. Флора и растительность последражных ландшафтов Салаирского кряжа: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 155 с.

Vetluzhskikh N.V. Flora and vegetation of the subsequent landscapes of the Salair Ridge: dis. ... cand. biol. nauk. Novosibirsk, 2003. 155 p. (in Russian).

5. Постановление Правительства РФ о создании в Алтайском крае первого национального парка «Салаир». [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202009150029> (дата обращения: 30.12.2020).

Resolution of the Government of the Russian Federation on the establishment of the first national park «Salair» in the Altai Territory. [Electronic resource]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202009150029> (date of access: 30.12.2020) (in Russian).

6. Игнатьева Н.А. Туризм и ООПТ в России: неразрывная связь или непримиримое противоречие // Степной Бюллетень. 2019. № 53. С. 7–12.

Ignatieva N.A. Tourism and protected areas in Russia: an inextricable link or irreconcilable contradiction // Stepnoy Byulleten'. 2019. No. 53. P. 7–12 (in Russian).

7. Важов С.В., Важов В.М., Черемисин А.А. Материалы к изучению ястребиных птиц Салаирского кряжа // Русский орнитологический журнал. 2018а. Т. 27 (1664). С. 4393–4403.

Vazhov S.V., Vazhov V.M., Cheremisin A.A. Materials for the study of hawk birds of the Salair Ridge // Russkiy ornitologicheskii zhurnal. 2018a. Vol. 27 (1664). P. 4393–4403 (in Russian).

8. Красная книга Кемеровской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Кемерово, 2012. Т. 2. 192 с.

The Red Book of the Kemerovo Region. Rare and endangered animal species. Kemerovo, 2012. Vol. 2. 192 p. (in Russian).

9. Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. Т. 2. 312 с.

The Red Book of Altai Territory. Rare and endangered species of animals. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2016. Vol. 2. 312 p. (in Russian).

10. Красная книга Новосибирской области: Животные, растения и грибы. Новосибирск, 2018. 588 с.

The Red Book of the Novosibirsk Region: Animals, Plants and Mushrooms. Novosibirsk, 2018. 588 p. (in Russian).

11. Красная книга Российской Федерации: Животные. М.: АСТ: Астрель, 2001. 860 с.

The Red Book of the Russian Federation: Animals. M.: AST: Astrel, 2001. 860 p. (in Russian).

12. Важов С.В., Важов В.М., Грибков А.В., Никулкин В.Н., Одинцев А.В. Материалы к изучению соколов Салаирского кряжа // Русский орнитологический журнал. 2018б. Т. 27 (1691). С. 5469–5477.

Vazhov S.V., Vazhov V.M., Gribkov A.V., Nikulkin V.N., Odintsev A.V. Materials for the study of falcons of the Salair Ridge // Russkiy ornitologicheskii zhurnal. 2018b. Vol. 27 (1691). P. 5469–5477 (in Russian).

13. Важов С.В., Важов В.М., Одинцев А.В. О совах Салаирского кряжа // Русский орнитологический журнал. 2018в. Т. 27 (1701). С. 5815–5824.

Vazhov S.V., Vazhov V.M., Odintsev A.V. About owls of the Salair Ridge // Russkiy ornitologicheskii zhurnal. 2018v. Vol. 27 (1701). P. 5815–5824 (in Russian).

14. Доржиев Ц.З., Гулгенов А.З. Птицы степных экосистем Байкальской Сибири. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2018. 208 с.

Dorzhiiev Ts.Z., Gulgenov A.Z. Birds of the steppe ecosystems of Baikal Siberia. Ulan-Ude: Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta, 2018. 208 p. (in Russian).

15. Молороев М.А., Стеценко С.Е. Проблемы развития экологического и сельского туризма в республике Ингушетия // Инновации в науке. 2019. № 5 (93). С. 36–38.

Moloroiev M.A., Stetsenko S.E. Problems of development of ecological and rural tourism in the Republic of Ingushetia // Innovatsii v nauke. 2019. No. 5 (93). P. 36–38 (in Russian).

УДК 911. 375

**ГУМАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ КАК СПОСОБ
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ****¹Волкова А.В., ¹Глушенкова К.В., ²Петрова Е.Н.**¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет
имени К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: repulenko@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»,
Нижний Новгород, e-mail: petrova-e1@yandex.ru

В данной статье рассматриваются возможности повышения качества городской среды за счет гуманизации общественных пространств. Показывается роль общественных пространств в жизни городского населения, подчеркивается их социальная функция. Среди мер по гуманизации подобных территорий, действий в интересах населения авторами предлагаются такие меры, как продуманная концепция озеленения, включая использование под рекреационные зоны кровель жилых и офисных зданий. Также рассматривается ряд архитектурных решений, реализация которых будет способствовать психологическому и физическому состоянию населения, за счет улучшения качества визуальной среды города, адаптации искусственной среды пространств для восприятия человеком. Особое внимание должно уделяться безопасности общественных пространств, криминальной и безопасности движения. В статье также рассматривается и подчеркивается необходимость доступности подобных территорий для всех социальных групп граждан, включая маломобильное население, имеющее двигательные ограничения в силу возраста, инвалидности и других особенностей. Предлагается усиление гуманизации городского пространства за счет разделения общественных мест на зоны, благодаря чему могли бы быть учтены интересы разных социальных групп, не вызывая при этом психологический дискомфорт другого населения. Но при этом для усиления коммуникации и формирования толерантности все внутренние территории, зоны должны быть доступными и открытыми для любых групп населения. Воплощение рассмотренных идей стало возможным благодаря разработке и реализации национальных проектов, направленных на благоустройство городской среды и улучшение ее качества, среди них национальные проекты «Экология» и «Жилье и городская среда».

Ключевые слова: общественное пространство, качество городской среды, гуманизация, озеленение, городская окружающая среда

**HUMANIZATION OF PUBLIC SPACES AS A WAY TO INCREASE
THE QUALITY OF THE URBAN ENVIRONMENT****¹Volkova A.V., ¹Glushenkova K.V., ²Petrova E.N.**¹Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod,
e-mail: repulenko@mail.ru;²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,
Nizhny Novgorod, e-mail: petrova-e1@yandex.ru

This article discusses the possibilities of improving the quality of the urban environment through the humanization of public spaces. The role of public spaces in the life of the urban population is shown, their social function is emphasized. Among the measures for the humanization of such territories, actions in the interests of the population, the authors propose such measures as a well-thought-out concept of landscaping, including the use of roofs of residential and office buildings for recreational zones. A number of architectural solutions are also considered, the implementation of which will contribute to the psychological and physical state of the population, by improving the quality of the visual environment of the city, adapting the artificial environment of architecture for human perception. Particular attention should be paid to the safety of public spaces, criminal and traffic safety. The article also discusses and emphasizes the need for the accessibility of such territories for all social groups of citizens, including people with limited mobility, who have motor limitations due to age, disability and other features. It is proposed to strengthen the humanization of urban space by dividing public places into zones, due to which the interests of different social groups could be taken into account without causing psychological discomfort to the other population. But at the same time, in order to strengthen communication and form tolerance, all internal territories, zones should be accessible and open to any population groups. The implementation of the considered ideas became possible thanks to the development and implementation of national projects aimed at improving the urban environment and improving its quality, including the national projects «Ecology» and «Housing and Urban Environment».

Keywords: public space, quality of urban environment, humanization, greening, urban environment

Качество городской среды складывается из многих составляющих. Во-первых, это качество окружающей среды, включающей, в свою очередь, чистый атмосферный воздух, соответствующие санитарным нормам питьевые ресурсы, ряд других экологиче-

ских показателей. Во-вторых, качество социальной среды, представленной качеством населения, долей социально значимых заболеваний, уровнем криминогенной безопасности. Важную роль в формировании качества городской среды играет архитекту-

ра, благоустройство городских поселений, особое значение при этом уделяется общественным пространствам.

К общественным пространствам городской среды относятся площади, озелененные территории, улицы, набережные, дворы. Горожане проводят значительную часть своего времени на данных территориях, поэтому важно, чтобы подобные пространства отличались максимальной комфортностью, удобством, доступностью для всех категорий граждан, а также безопасностью. В статье мы выявили основные аспекты благоустройства общественных пространств, требования к ним, соблюдение которых, по нашему мнению, позволит повысить качество городской среды, а значит, улучшить и качество жизни населения.

Цель исследования: выявить основные принципы гуманизации общественных пространств для повышения качества городской среды.

Материалы и методы исследования

При написании данной статьи использовались: аналитический, исследовательский, сравнительный методы, изучение научных статей и публикаций по теме. Материалами послужили опубликованные исследования архитектурного бюро STRELKA CA, опубликованные данные городских семинаров Центра независимых социологических исследований (ЦНСИ), данные отчета Первого Международного форума «Устойчивое развитие и Города будущего: экономика, здоровье, экология».

Результаты исследования и их обсуждение

Само понятие «гуманизация» говорит о действиях в интересах человека. Поэтому гуманизация общественных пространств должна быть направлена на создание максимально комфортных условий этих территорий для разных групп населения, достижение физического и психологического комфорта и предполагает взаимосвязанные и взаимодополняющие действия в разных направлениях.

Среди них можно выделить, например, озеленение. Зеленые насаждения играют важную роль при формировании качества городской среды. Поскольку выполняют ряд необходимых функций, среди которых улавливание загрязнений и очищение атмосферного воздуха от загрязнений, пыли, насыщение кислородом, а также оздоровление воздуха за счет выделения фитонцидов. Из-

вестна также шумопоглощающая функция зеленых насаждений, которая для городских пространств является не менее важной, чем очищающая. Растения влияют на формирование микроклимата территории, способствуют снижению перегрева тротуаров и зданий в жаркое время года, регулируя влажность. Кроме того, крайне важна психоэмоциональная функция растений, которая становится всё более значимой в усиленном ритме современного мира. Городская среда – это искусственная среда для человека, очень важно предоставить возможность общения с природой, нахождения в естественной, чистой и облагороженной среде.

Поэтому необходимо особенно серьезно подходить к озеленению общественных пространств. Для каждого типа общественного пространства должны учитываться свои особенности. Так, при озеленении улиц и площадей необходимо учитывать устойчивость растений к загрязнению воздуха и почвы, быстроту роста, долговечность, поскольку основные функции, которые должны выполнять зеленые насаждения на улицах – создание тени, поглощение пыли и шума, а также визуальное облагораживание пространства. При этом не должна создаваться угроза безопасности граждан, снижаться видимость проезжей части и т.п.

В городских парках и скверах учитываются подобные свойства насаждений, кроме того, к ним можно добавить высокие декоративные качества, при этом допустимы растения, менее устойчивые к загрязнению, так как уровень антропогенной нагрузки в парках обычно ниже, чем, например, вдоль крупных магистралей города. Породный состав растений необходимо подбирать исходя из предстоящих функций.

Озеленять, а значит, улучшать качество городской среды можно разными способами, не только традиционными, вдоль улиц и магистралей, на территории парков и скверов. Особое значение следует придать озеленению кровель и фасадов. Подобная практика только начинает применяться в России, раньше это явление было представлено в основном озеленением балконов, где использовались сезонные растения. Сейчас возможности гораздо шире. Конечно, не на каждой крыше возможна высадка растений, например, это невозможно сделать на всех видах скатных крыш, кроме того, имеет значение тип озеленения, который определяет глубину субстрата, большой вес могут выдержать не все конструкции.

При этом плоские крыши являются эксплуатируемыми с самым широким спектром использования, включая устройство зимних садов, игровых площадок, бассейнов. Климатические особенности необходимо учитывать при формировании породного состава насаждения для кровель, но они не должны быть лимитирующим фактором. Так, во многих странах с продолжительным зимним периодом озеленение кровель успешно применяется, среди них Канада, Швеция и ряд других. Возможно контейнерное озеленение, которое менее прихотливо в уходе [1].

Актуальность существования рекреационных зон на крышах домов особенно проявилась во время пандемии 2020 г., во время режима самоизоляции, когда посещение общественных пространств стало запрещено. При нахождении долгое время в замкнутом пространстве у населения наблюдались некоторые проблемы со здоровьем, связанные с отсутствием физической нагрузки. Подобные «парки» могли бы помочь в восстановлении физического и психологического здоровья. Кроме того, на такую территорию имеют выход только жильцы данного дома, что сдерживало бы распространение инфекции [2].

Озеленение крыш актуально и после пандемии, поскольку позволяет улучшить качество атмосферного воздуха, снизить тепловую нагрузку в городах. Кроме того, способствует развитию экономики, обеспечивает город дополнительными рабочими местами. Все это способствует улучшению качества городской среды.

Гуманизация общественных пространств, помимо продуманной концепции озеленения, должна заключаться также в повышении их социально-эстетической комфортности. Это возможно, например, за счет различных приемов в архитектуре. Известен подавляющий эффект высотных зданий на человека. Для снижения подобного эффекта следует увеличивать долю элементов, по размеру близких человеку. Кроме того, необходимо решение проблемы визуального загрязнения городских территорий, вызванной хаотичным размещением вывесок, наружной рекламы, нестационарных торговых объектов, отсутствием единого стиля элементов благоустройства и навигации, единого подхода при их размещении. Для решения этих проблем возможна разработка дизайн-кода города.

Важным является разнообразие визуальных полей. Однотипные здания с боль-

шим количеством гомогенных и агрессивных визуальных полей свойственны крупным городам, они вызывают усталость глаз и различные депрессивные состояния. Этому способствует увлечение стеклянной облицовкой зданий, облицовкой панелями, другими строительными гомогенными материалами, использование однотипной тротуарной плитки.

При этом существует ряд принципов формирования комфортной визуальной среды, которые часто игнорируют современные архитекторы. Среди подобных принципов можно выделить применение различных декоративных элементов. Украшение жилых домов колоннами или кариатидами практически невозможно, но использование, например, мозаики, для исключения гомогенных поверхностей, даже для многоэтажных домов вполне реалистично. Также возможна реализация цветового решения. Грамотно подобранный цвет способен уменьшить зрительное напряжение, снизить стрессовую нагрузку, оптимизировать условия для зрительной работы глаз.

Для оптимизации визуальной среды общественных пространств возможно обращение внимания на архитектурную бионику, когда зданиям придают форму, сходную с объектами живой природы, устанавливая башни или шпили на крышах, для повторения природных форм.

Помимо разнообразия визуальных полей, для повышения социально-эстетической комфортности общественных пространств, необходимо предусмотреть навигационные информационные элементы, они могут быть отдельно стоящими, нанесенными на асфальтовое покрытие, не нарушая при этом дизайн-код города. Навигационные элементы необходимы для гостей города, экстренных служб и т.п.

Особой проблемой общественных пространств является шумовое загрязнение от транспорта, большого количества людей, общественных служб, звуковой рекламы. Требования к уровню шума на данных территориях ниже, чем в спальнях районах. Тем не менее создание комфортной аудиальной среды возможно за счет ряда мер, среди которых высаживание растений с хорошей звукопоглощающей способностью, использование шумозащитных экранов вдоль улиц и ряда других, в зависимости от типа общественного пространства.

Наряду с растительностью большое эмоциональное воздействие на человека оказывает вода. При созерцании текущей

воды или ее звуковым воздействием у человека наблюдается снижение усталости, появляется ощущение бодрости, спокойствия.

Архитектура общественных пространств влияет на качество городской среды не только за счет визуального воздействия. Крайне важны и материалы, которые использовались при их постройке. Они должны быть экологичными, не иметь токсичного воздействия на человека и атмосферный воздух, также это могут быть «умные» дома, биопозитивные здания с нулевым потреблением энергии, интеллектуальными системами управления, органическим вписыванием в окружающую среду [3].

Для гуманизации и повышения комфортности общественных пространств также необходимо, чтобы пространство было сомасштабно человеку. Так, из-за больших размеров площадей, они часто некомфортны для посещения, возможно разделение таких территорий на отдельные участки с искусственным рельефом, озеленением, при этом просматриваемость площади необходимо сохранить [4]. Транзитные пути через площадь не должны пересекать места продолжительного отдыха, они должны быть акцентированы для удобства граждан.

Особенного внимания требует поддержание безопасности, что включает криминогенную безопасность и безопасность движения. Криминогенная безопасность также возможна за счет архитектурно-планировочных решений. Так, улицы и территории дворов должны хорошо просматриваться из окон административных и жилых зданий, необходимо избегать тупиков. Освещение также должно быть комфортным в любое время года и суток.

Для безопасности движения на территории общественных пространств необходимо ограничение скорости движения автотранспорта в зависимости от планировочной роли улицы, площади, и приоритета транспортного или пешеходного движения.

Для комфортного передвижения также необходим отвод дождевых стоков, с целью сокращения травмоопасности в неблагоприятный климатический период. Кроме того, недопустимы различные препятствия на пешеходных путях, в виде бордюров, ступеней, ям и подобных помех, которые могут являться серьезной преградой для перемещения маломобильного населения, например лиц с ограниченными возможностями движения в силу возраста, инвалидности,

травмы, либо обремененных габаритными вещами. Тротуарное покрытие должно быть качественным, ровным, наряду с необходимыми препятствиями, например ступенями, должны наличествовать альтернативные элементы, среди которых пандусы, дублирующие дороги; важно размещение предупреждающих искусственных неровностей перед проезжей частью для слабовидящих людей. Также является целесообразной организация кратковременных мест отдыха, например лавочек, площадок.

Комфортное передвижение актуально не только для маломобильных категорий граждан. Интересы водителей, велосипедистов, пешеходов должны быть также учтены, а территории передвижения разграничены. Так, велосипедное движение должно проходить по специально отведенным велодорожкам, вне автомобильных трасс, при этом велотреки должны быть соединены между собой.

Мы считаем, что с целью гуманизации общественных пространств, т.е. для усиления их комфортности для населения, действий в интересах человека, необходима продуманная концепция их использования разными группами населения, в зависимости от возраста, уровня здоровья, интересов и потребностей.

Места отдыха в общественных пространствах, основной функцией которых является рекреационная, например парки, должны подходить для разных пользователей, возможно размещение скамей, лежаков, скейт-парков, площадок для командных игр, детских игровых зон, территорий для прогулок с собаками. Также целесообразно зонирование территории парков для избежания взаимного недовольства граждан и пересечения различных интересов. Это могут быть зона отдыха, детская, спортивная, кинологическая, культурно-творческая зоны.

Кроме того, необходима продуманная концепция сезонного использования подобных территорий, не только в летний, но и в другие периоды. В зимний период территорию парков возможно использовать для организации зимних гуляний, катания с гор, зимних видов спорта.

С одной стороны, функция общественных пространств прежде всего логистическая, они необходимы для передвижения граждан, связи городских территорий в единое целое. С другой, не менее важная функция – социальная. На территории общественного пространства происходит

пересечение незнакомых людей, их интересов, потребностей. При этом характерная черта городского образа жизни – его анонимность, общение не происходит иногда даже с ближайшими соседями, тем более на улицах или площадях города.

Вместе с тем именно в общественных пространствах граждане вынуждены пересекаться с большим количеством людей, вне зависимости от желания видеть, изучать друг друга, образцы поведения, приобретать опыт общения с различными социальными группами. Особенно этот опыт социализации важен для молодого поколения [5].

Во многих странах исследованиям открытых пространств уделяется особое внимание именно из-за их социальной функции. В европейских странах используется похожее понятие, при этом оно звучит как «публичное пространство», т.е. социальная функция оказывается первичной. В России же понятие «общественное пространство» часто заменяется на «открытое пространство», что воспринимается как некий визуальный образ, без усиления функционального содержания [6].

Безусловно, частые и масштабные изменения общественных пространств могут негативно повлиять на психологическое состояние жителей, поскольку для нашей страны характерно разнообразие исторических, культурных, этнических особенностей городского пространства. Так, изменения, например, исторического центра могут стать причиной отсутствия самоидентификации граждан, способствовать утрате ценности восприятия города. Таким образом, необходимо соблюдение баланса стабильности и новизны. Это возможно, например, за счет сохранения исторического центра города, адаптации построек к уже существующему общественному пространству, сохранения исторических и культурных ценностей [7].

Выводы

Качество городской среды складывается из многих факторов, среди которых можно выделить экономические, экологические и социальные факторы, они тесно взаимосвязаны, и при изменении одних в лучшую или худшую сторону, можно наблюдать изменения и в других. В жизнедеятельности городского населения общественные пространства играют большую роль. Они служат местом экономического, социального, коммуникационного взаимодействия лю-

дей, иногда вне зависимости от их желания. Поэтому подобным территориям необходим повышенный контроль со стороны управления городом, продуманная концепция их развития для обеспечения удовлетворения интересов и потребностей граждан различных социальных групп, разного возраста, уровня здоровья, социального статуса. При возможности посещения общественных мест людьми разного типа формируется толерантность, расширяется мировоззрение, особенно это важно для подрастающего поколения, становление социализации для которого крайне важно.

Общественные пространства должны быть комфортны и доступны для всех групп населения, обеспечивать криминогенную безопасность людей, безопасность при перемещении, обеспечивать возможность защититься от неблагоприятного климатического воздействия, благодаря зонированию территории, удовлетворять потребности отдельно взятой личности, не приводя при этом к нарушениям личных границ других горожан, способствовать физическому развитию населения и психологическому комфорту. Реализация рассмотренных идей по благоустройству возможна благодаря воплощению национальных проектов «Экология» и «Жилье и городская среда».

Список литературы / References

1. Зачем Москве зеленые кровли? [Электронный ресурс]. URL: <https://media.strelka-kb.com/green-roof> (дата обращения: 23.11.2020).

Why does Moscow need green roofs? [Electronic resource]. URL: <https://media.strelka-kb.com/green-roof> (date of access: 23.11.2020) (in Russian).

2. Копосова Н.Н., Волкова А.В. Предпосылки и факторы изменения городских общественных пространств в кризисные ситуации с учетом восприятия и поведения индивидов и социально-территориальных общностей // Успехи современного естествознания. 2020. № 6. С. 62–66.

Koposova N.N., Volkova A.V. Preconditions and factors of changes in urban public spaces in crisis situations, taking into account the perception and behavior of individuals and socio-territorial communities // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. No. 6. P. 62–66 (in Russian).

3. Первый Международный форум «Устойчивое развитие и Города будущего: экономика, здоровье, экология». [Электронный ресурс]. URL: <https://uar.ru/events/forum-ustoychivoe-razvitiye-i-goroda-budushchego-ekonomika-zdorove-ekologiya/> (дата обращения: 28.11.2020).

First International Forum «Sustainable Development and the Cities of the Future: Economy, Health, Ecology». [Electronic resource]. URL: <https://uar.ru/events/forum-ustoychivoe-razvitiye-i-goroda-budushchego-ekonomika-zdorove-ekologiya/> (date of access: 28.11.2020) (in Russian).

4. Стандарт формирования облика города. По заказу Фонда единого института развития в жилищной сфере, 2019. Книга 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://docplan.ru/Index2/1/4293730/4293730323.htm> (дата обращения: 25.11.2020).

The standard for the formation of the image of the city. Commissioned by the Foundation for the Integrated Development In-

stitute in the Housing Sector, 2019. Book 4 [Electronic resource]. URL: <https://docplan.ru/Index2/1/4293730/4293730323.htm> (date of access: 25.11.2020) (in Russian).

5. Кисляков П.А., Меерсон А.-Л.С., Егорова П.А. Показатели психологической устойчивости личности к социокультурным угрозам и негативному информационному воздействию // Вестник Мининского университета. 2020. Т. 8. № 2. С. 11. [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1093> (дата обращения: 23.11.2020).

Kislyakov P.A., Meyerson I.-L.S., Egorova P.A. Indicators of psychological stability of the individual to sociocultural threats and negative information impact // Vestnik Mininskogo universiteta. 2020. Vol. 8. No. 2. P. 11. [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1093> (date of access: 23.11.2020) (in Russian).

6. Желнина А. Публичное пространство в социологии города. Проблемы публичного пространства в Петербурге, 2009 г. [Электронный ресурс]. URL: http://les-urbanistes.blogspot.com/2009/03/blog-post_02.html (дата обращения: 10.12.2020).

Zheltnina A. Public space in the sociology of the city. Problems of public space in St. Petersburg. [Electronic resource]. URL: http://les-urbanistes.blogspot.com/2009/03/blog-post_02.html (date of access: 10.12.2020) (in Russian).

7. Степанова Е.М. Необходимость формирования комфортной городской среды и факторы, препятствующие этому процессу в России // Молодой ученый. 2019. № 49 (287). С. 542–545.

Stepanova E.M. The need to form a comfortable urban environment and the factors hindering this process in Russia // Molodoy uchenyy. 2019. No. 49 (287). P. 542–545 (in Russian).

УДК 639.1.055.36(571.56)

ЛАНДШАФТНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ПИТАНИЯ ЛЕСНОГО БИЗОНА В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ»**Николаев А.А.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Якутск, e-mail: cd051@mail.ru*

Статья посвящена изучению ландшафтных и растительных ассоциаций питания лесного бизона в национальном парке «Ленские столбы» Республики Саха (Якутия). С 2004–2011 гг. в национальный парк «Ленские столбы» Республики Саха (Якутия) из Канады для реакклиматизации разными группами были впервые доставлены лесные бизоны. Для их содержания в национальном парке были построены специальные питомники «Усть-Буотама» и «Тымпынай». В настоящее время количество их вдвое увеличилось и составляет уже более 212 голов. Для их питания в естественных ландшафтно-растительных участках этих мест были выделены специальные загоны. Все эти животные содержатся в этих участках на естественных кормах, без искусственной подкормки. В ходе исследования и опроса работников и инспекторов, наблюдающих за лесными бизонами, на участках нами выделены виды растений, которые являются основными кормовыми растениями – 53 вида, редко поедаемыми – 65 видов, растения, действующие на желудочно-кишечный тракт животных, – 6 видов, растения, действующие на органы дыхания и пищеварительный тракт животных, – 4 вида и ядовитые растения, которые выделены по списку. Ведущими семействами в питании бизонов являются Мятликовые, Осоковые, Астровые. Виды семейств Хвощевые, Луковые, Капустные, Розоцветные, Бобовые – вторая группа видов растений по поедаемости. Семейства Колокольчиковые, Подорожниковые, Норичниковые, Кипрейные поедаются удовлетворительно, менее охотно, чем предыдущие, только после использования первых групп. Совсем не поедаются семейства Маревые, Белозоровые, Сельдерейные, некоторые виды Яснотковых. В общем, приведенные в данной статье результаты исследования показывают, что ландшафтно-растительные ассоциации и кормовые условия Центральной Якутии вполне соответствуют пищевым потребностям американского лесного бизона, так что в будущем вполне можно расширить их ареал обитания в разных местах республики.

Ключевые слова: лесной бизон, национальный парк «Ленские столбы», реакклиматизация, кормовые растения, ландшафтно-растительные ассоциации

LANDSCAPE AND PLANT NUTRITION ASSOCIATIONS OF FOREST BISON IN THE LENA PILLARS NATIONAL PARK**Nikolaev A.A.***The North-Eastern Federal University M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: cd051@mail.ru*

The article is devoted to the study of landscape and plant food associations of forest bison in the Lena Pillars national Park of the Republic of Sakha (Yakutia). From 2004–2011, forest bison were first brought to the Lena Pillars national Park of the Republic of Sakha (Yakutia) from Canada for re-climatization by different groups. For their maintenance in the national Park was built nurseries «Ust-Buotama» and «Timpani». Currently, the number of them has doubled and is already more than 212 heads. For their food in the natural landscape and plant areas of these places, special pens were allocated. All these animals are kept in these areas on natural food, without artificial feeding. During the study and survey of workers and inspectors for forest bison in the areas, we identified plant species that are the main forage plants – 53 species, rarely eaten–65 species, plants that act on the gastrointestinal tract of animals–6 species, plants that act on the respiratory organs and digestive tract of animals–4 species and poisonous plants that are highlighted in the list. The leading families in the diet of bison are Bluegrass, Sedge, Aster. Species of the Horsetail, Onion, Cabbage, Rosaceae, and Legume families are the second group of plant species in terms of palatability. Families of bell, Plantain, Norichnikovye, Kipreynye are eaten satisfactorily, less willingly than the previous ones, only after using the first groups. Not eaten by the family Chenopodiaceae, Belozeroва, Celery, some types Yasnotkovykh. In General, the results of the study presented in this article show that the landscape and plant associations and feeding conditions of Central Yakutia are quite consistent with the food needs of the American forest bison, and that it is possible to expand their habitat in different places of the Republic in the future.

Keywords: forest bison, Lena Pillars national park, reacclimatization, forage plants, landscape and plant associations

В 2004 г. в национальный парк «Ленские столбы» Республики Саха (Якутия) из Канады для реакклиматизации были впервые доставлены лесные бизоны. Они были доставлены в период с 2004 по 2011 г. разными по количеству группами. Для их содержания в национальном парке были построены специальные питомники «Усть-Буотама» и «Тымпынай». В настоящее время количество бизонов увеличилось и составило

летом 2019 г. уже более 212 голов. Для их питания в естественных ландшафтно-растительных участках около питомника были выделены специальные загоны, где бизоны уже самостоятельно идут питаться, резвятся и набирают вес. Все эти животные содержатся в этих участках на естественных кормах, без искусственной подкормки. В 2004 г. было выделено 4 участка-загона. Пять лет назад с целью расширения пастбищной тер-

ритории открыли дополнительные участки-загоны на местностях «Прогон» (№ 5), «Кыра Мэхээс» (№ 6), «Улахан Мэхээс» (№ 7). Животные предпочитают луговую растительность, меньше поедают травостой на заболоченных лесных участках, охотно питаются веточными кормами, хотя в Канаде основу питания лесного бизона составляют осоки, злаки и кустарники [1]. Временами до 94% рациона занимают веточные корма [2]. На северо-западных территориях Канады зимой 96–99% кормов составляли осоки, летом – смешанные корма из осок, разнотравья и кустарников. Наиболее разнообразное питание наблюдалось осенью, причем чаще всего поедались лишайники (31–41% встречаемости) [1]. На севере Саскачевана осоки составляли основу пищи в течение всего года: зимой – 59%, летом – 73%. Второе место по потреблению занимало разнотравье – 17% осенью и 35% весной [3]. По суточным колебаниям питания бизонов известны работы авторов В.Д. Казьмина, С.В. Немеева, И.А. Немеевой, И.В. Шамониной [4]. Интересны работы исследователей по реинтродукции лесного бизона В.А. Миноранского [5], В.М. Сафронова, В.В. Степановой [6–8] и др. российских авторов, из зарубежных исследователей W.L. Strong [9]. Выявление предпочтительных кормовых видов из ландшафтно-растительных ассоциаций участков-загонов Центральной Якутии бизонами является особенно актуальным в деле их увеличения и воспроизводства поголовья стада.

Цель исследования: изучение ландшафтно-растительной ассоциации участков загонов выгула лесного бизона около питомника «Усть-Буотама», задачами исследования являются: первое, исследование наиболее предпочтительных видов растений их повседневного питания; второе, выявление непоедаемых видов растений, вызывающих расстройства здоровья бизонов; третье, выявление ядовитых растений на участках исследования.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования стал летний сбор гербариев из участков загонов бизонов в 2019 г. и летом 2020 г., определение их видового состава, изучение ландшафтно-растительных ассоциаций участков исследования, опросные данные инспекторов и работников питомника. Определение видов растений проводили по справочному материалу [10].

Результаты исследования и их обсуждение

На территории национального парка специально работниками парка выделены 7 участков-загонов для их естественного питания.



Рис. 1. Ландшафтно-растительные ассоциации участка-загона № 1 (фото автора)

Участок загона № 1 (рис. 1). Представляет собой пологий склон (3–5°) юго-восточной экспозиции. Предвершинная часть занята остепненным участком. В травостое преобладает *Potentilla bifurca* L. – лапчатка вильчатая, *P. arenosa* (Turcz.) Juz. – лапчатка песчаная, *Poa pratensis* L. – мятлик луговой, *Dianthus versicolor* Fisch ex Link – гвоздика разноцветная, *Veronica incana* L. – вероника седая, *Artemisia yacutica* Drob – полынь якутская.

Среднюю часть склона занимает сосновый мертвопокровно-лишайниковый лес, где встречаются такие виды, как *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz. – прострел желтеющий, *Scorzonera radiata* Fisch. ex Ledeb. – козелец, или скорцонер, *Dianthus versicolor* Fisch ex Link, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop – иван-чай узколистный. Из кустарников единично встречаются кустарники *Rosa acicularis* Lindl. – шиповник иглистый, *Spiraea media* Schmidt – спирея средняя.

Низинная часть представляет собой сырой участок с небольшими стоячими лужицами. В травостое преобладают виды *Equisetum arvense* L. – хвощ полевой, *Iris setosa* Pall ex Link – ирис щетинистый, *Calamagrostis langsdorffii* (Link.) Trin – вейник Лангдсорфа, *Caltha palustris* L. – калужница болотная, *Ledum palustre* L., *Anemone sylvestris* L. – багульник болотный, *Carex obtusata* Liljebl. – осока притупленная и т.д. Из кустарников часто встречаются *Salix bebbiana* Sarg. – ива Бебба, *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar – ольха кустарниковая,

Pentaphylloides fruticosa (L.) O. Schwarz, *Rosa acicularis* Lindl. – пятилистник кустарниковый, *Spiraea salicifolia* L. – спирея иволлистая, *Crataegus dahurica* Koehne et Schneid. – боярышник даурский, *Sorbus sibirica* Hedl – рябина сибирская.



Рис. 2. Ландшафтно-растительные ассоциации участка-загона № 2 (фото автора)

Участок загона № 2 (рис. 2). Разнотравно-злаковый луг. Местность сухая, ровная, открытая. Видовое разнообразие небогато. В травостое доминируют виды *Poa pratensis* L. – мятлик луговой, *Potentilla bifurca* L. – лапчатка вильчатая, *P. arenosa* (Turcz.) Juz. – лапчатка песчаная, *Geum aleppicum* Jacq. – гравилат гладкостебельный, *Aster sibiricus* L – астра сибирская. Мятлик луговой и лапчатка вильчатая произрастают очень обильно, густо и распределены равномерно по всей территории загона.



Рис. 3. Ландшафтно-растительные ассоциации участка загона № 3 (фото автора)

Участок загона № 3 (рис. 3). Разнотравно-злаковый луг. Доминирующими видами являются *Poa pratensis* L. – мятлик луговой, *Artemisia mongolica* (Bess.) Fisch. ex Nakai – полынь монгольская, *Potentilla bifurca* L. – лапчатка вильчатая.



Рис. 4. Ландшафтно-растительные ассоциации участка-загона № 4 (фото автора)

Участок загона № 4 (рис. 4). Большую часть загона занимает смешанный березово-еловый лес. Из кустарников встречаются *Salix bebbiana* Sarg. – ива Бейба, *Rosa acicularis* Lindl. – шиповник иглистый, *Spiraea media* Schmidt – спирея средняя, *Sorbus sibirica* Hedl. – рябина сибирская, *Crataegus dahurica* Koehne et Schneid – боярышник даурский. Господствующий вид семейства злаковых – ветвистый Лангсдорфа, семейства осоковых – осока шаровидная. Посередине загона большое невысыхающее озеро, поэтому растительность участка-загона наиболее разнообразная, произрастают степные растения, растения относительно влажных мест и растения болотистых участков.



Рис. 5. Ландшафтно-растительные ассоциации участка-загона № 5 на местности «Прогон» (фото автора)

Участок загона № 5 (рис. 5). Разнотравно-злаковый луг. Доминируют виды *Poa pratensis* L. – мятлик луговой, *Potentilla arenosa* (Turcz.) Juz. – лапчатка песчаная, *Elytrigia repens* (L.) Nevski – пырей ползучий.

Участок загона № 6 (рис. 6). Смешанный березово-еловый лес. Из кустарников встречаются виды *Salix bebbiana* Sarg. – ива

Бейба, *Rosa acicularis* Lindl. – шиповник иглистый, *Spiraea media* Schmidt – спирея средняя, *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz – пятилистник кустарниковый, *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn – жимолость съедобная, *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt – кизильник черноплодный.

Участок загона № 7 (рис. 7). Разнотравно-злаковый луг. Преобладают такие виды травянистых растений, как *Poa pratensis* L. – мятлик луговой, *Potentilla arenosa* (Turcz.) Juz., *P. anserina* L. – лапчатка песчаная, *Agrostis trinii* Turcz. – полевица Три-

ниуса, *Elytrigia repens* (L.) Nevski – пырей ползучий.

В ходе наблюдения и опроса работников и инспекторов на участках нами выделены виды растений из 5 групп, которые представлены основными кормовыми растениями – 53 вида, редко поедаемыми – 65 видов, растения, действующие на желудочно-кишечный тракт животных, – 6 видов, растения, действующие на органы дыхания и пищеварительный тракт животных, – 4 вида и ядовитые растения, 8 видов, которые выделили по списку (таблица).



Рис. 6. Ландшафтно-растительные ассоциации участка загона № 6 на местности «Кыра Мэхээс» (фото автора)



Рис. 7. Растительные ассоциации участка загона № 7 на местности «Улахан Мэхээс» (фото автора)

Список основных, редко поедаемых и ядовитых для лесных бизонов растений

№ п/п	Группа растений	Кол-во видов	Виды растений
1	Основные кормовые растения	53	<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Beauv. – житняк гребенчатый, <i>Agrostis trinii</i> Turcz. – полевица Тринниуса, <i>A. gigantean</i> Roth. – п. гигантская, <i>Alopecurus glaucus</i> Less. – лисохвост сизый, <i>Beckmannia syzigachne</i> (Steud.) Fern. – бекмания восточный, <i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub – кострец безостый, <i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin. – вейник Лангсдорфа, <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski – пырей ползучий, <i>Elymus jacutensis</i> (Drob.) Tzvel. – пырейник якутский, <i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers. – тонконог гребенчатый, <i>Festuca rubra</i> L. – овсяница красная, <i>Poa pratensis</i> L. – мятлик полевой, <i>P. palustris</i> L. – мятлик болотный, <i>Carex acuta</i> L. – осока острая, <i>C. atherodes</i> Spreng. – о. остистая, <i>C. capitata</i> L. – о. головчатая, <i>C. cespitosa</i> L. – о. дернистая, <i>C. duriscula</i> С.А. Мей. – о. твердоватая, <i>C. globularis</i> Mackenz. – о. шаровидная, <i>C. rostrata</i> Stokes – о. носатая, <i>C. schidtii</i> Meinsh. – о. Шмидта, <i>C. enervis</i> С.А. Мей. – о. безжилковая <i>C. obtusata</i> Liljeb. – о. тупая, <i>Allium ramosum</i> L. – лук ветвистый, <i>Iris laevigata</i> Fisch. et С. А. Мей. – касатик сглаженный, <i>I. setosa</i> Pall. ex Link – К. щетинистый, <i>Polygonum aviculare</i> L. – спорыш птичий, <i>Rumex thyrsiflorus</i> Fingerh. – щавель пирамидальный, <i>Fragaria orientalis</i> Losinsk. – земляника восточная, <i>Potentilla arenosa</i> (Turcz.) Juz. – лапчатка песчаная, <i>P. bifurca</i> L. – л. вильчатая, <i>P. stipularis</i> L. – л. прилистниковая, <i>Sanquisorba officinalis</i> L. – кровохлебка аптечная, <i>Astragal danicus</i> Retz. – астрагал датский, <i>Trifolium pratense</i> L. – клевер ползучий, <i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench – клевер люпиновидный, <i>Vicia cracca</i> L. – вика мышиная, <i>Geranium pratense</i> L. – герань луговая, <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. – иван-чай узколистный, <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. – брусника обыкновенная, <i>Dasystephana macrophylla</i> (Pall.) Zuev – сокольница крупнолистная, <i>Thymus sibiricus</i> (Serg.) Klok. et Shost. – тимьян сибирский,

Продолжение таблицы			
№ п/п	Группа растений	Кол-во видов	Виды растений
			<i>Veronica incana</i> L. – вероника седая, <i>V. longifolia</i> L. – в. длиннолистная, <i>Plantago major</i> L. – подорожник большой, <i>P. media</i> L. – п. средний, <i>Galium triflorum</i> Michx. – подмаренник трехцветковый, <i>Campanula glomerata</i> L. – колокольчик скученный, <i>C. punctata</i> L. – колокольчик точечный, <i>Aster sibiricus</i> L. – астра сибирская, <i>Crepis tectorum</i> L. – скерда кровельная, <i>Hetropappus biennis</i> (Ledeb.) Tamamsch. ex Grub. – гетеропаппус двулетний, <i>Inula britannica</i> L. – девясил британский
2	Редко поедаемые растения	65	<i>Equisetum arvense</i> L. – хвощ полевой, <i>E. pratense</i> Ehrh. – х. луговой, <i>Typha latifolia</i> L. – рогоз широколистный, <i>Sparganium emersum</i> Rehm. – ежеголовник всплывший, <i>Potamogeton natans</i> L. – рдест плавающий, <i>Alisma plantago-aquatica</i> L. – частуха подорожниковая, <i>Eriophorum vaginatum</i> L. – пушица влагалищная, <i>Scirpus lacustris</i> L. – камыш озерный, <i>Acorus calamus</i> L. – аир обыкновенный, <i>Calla palustris</i> L. – белокрыльник болотный, <i>Comarum palustre</i> L. – сабельник болотный, <i>Lemna minor</i> L. – ряска маленькая, <i>L. trisulca</i> L. – ряска тройчатая, <i>Zigadenus sibiricus</i> (L.) A. Gray – зигаденус сибирский, <i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. – гудайера ползучая, <i>Urtica dioica</i> L. – крапива двудомная, <i>Bistorta major</i> S. F. Gray – змеевик большой, <i>Persicaria amphibian</i> (L.) S. F. Gray – горец земноводный, <i>Atriplex patula</i> L. – лебеда раскидистая, <i>Chenopodium album</i> L. – марь белая, <i>Dianthus versicolor</i> Fisch. ex Link – гвоздика разноцветная, <i>Nyphar lutea</i> (L.) Smith – кубышка желтая, <i>Atragene sibirica</i> L. – княжек сибирский, <i>Caltha palustris</i> L. – калужница болотная, <i>Delphinium elatum</i> L. – живокость высокая, <i>Ranunculus flavescens</i> (Zucc.) Juz. – прострел желтоватый, <i>Ranunculus gmelinii</i> DC. – лютик Гмелина, <i>R. sceleratus</i> L. – л. ядовитый, <i>Thalictrum foetidum</i> L. – василистник вонючий, <i>T. minus</i> L. – в. малый, <i>T. simplex</i> L. – в. простой, <i>Draba hirta</i> L. – крупка мохнатая, <i>Thlaspi arvense</i> L. – ярутка полевая, <i>Parnasia palustris</i> L. – белозор болотный, <i>Caltha palustris</i> L. – калужница болотная, <i>Geum aleppicum</i> Jacq. – гравилат алеппский, <i>Potentilla anserine</i> L. – лапчатка гусиная, <i>Rubus arcticus</i> L. – княженика, <i>R. saxatilis</i> L. – косяника, <i>Euphorbia discolor</i> Ledeb. – молочай двуцветный, <i>Viola epipsiloides</i> A. et D. Löve – фиалка ползучая, <i>Viola mauritii</i> Tepl. – фиалка Морица, <i>Cicuta virosa</i> L. – вех ядовитый, <i>Orthilia obtusata</i> (Turcz.) Jutz. – ортилия тупая, <i>Ryola rotundifolia</i> L. – грушанка круглолистная, <i>Ledum palustre</i> L. – багульник болотный, <i>Rhododendron dauricum</i> L. – рододендрон даурский, <i>Menyanthes trifoliata</i> L. – вахта трехлистная, <i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort. – липучка растопыренная, <i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib. – пустырник пятилопастной, <i>Phlomis tuberosa</i> L. – зопник клубневой, <i>Galium boreale</i> L. – подмаренник северный, <i>G. verum</i> L. – п. настоящий, <i>Linnaea borealis</i> L. – линнея северная, <i>Achillea millefolium</i> L. – тысячелистник обыкновенный, <i>Artemisia commutata</i> Bess. – полынь замещающая, <i>A. dracunculus</i> L. – п. эстрагон, <i>A. jacutica</i> Drob. – п. якутская, <i>A. mongolica</i> (Bess.) Fisch. ex Nakai – п. монгольская, <i>Scorzonera radiata</i> Fisch. ex Ledeb. – козелец лучистый, <i>Tanacetum vulgare</i> L. – пижма обыкновенная, <i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC. – одуванчик рогатый, <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. – одуванчик лекарственный, <i>Saussurea amara</i> (L.) DC. – соссюрея горькая, <i>Erigeron acer</i> L. – мелколепестник едкий
3	Растения, действующие на желудочно-кишечный тракт животных	6	<i>P. palustris</i> L. – мятлик болотный, <i>Calla palustris</i> L. – белокрыльник болотный – наиболее ядовиты ягоды, при высушивании теряет ядовитые свойства. <i>Ranunculus gmelinii</i> DC. – лютик Гмелина. <i>Atriplex patula</i> L. – лебеда раскидистая. <i>Euphorbia discolor</i> Ledeb. – молочай двуцветный – ядовиты листья и стеблевые части, <i>Caltha palustris</i> L. – калужница болотная
4	Растения, действующие на органы дыхания и пищеварительный тракт животных	4	<i>Pulsatilla flavescens</i> (Zucc.) Juz. – прострел желтоватый, ядовит только в свежем виде, <i>Trifolium pratense</i> L. – клевер ползучий, синильная кислота в клевере образуется лишь в молодых растениях, до завязывания плодов, <i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench – клевер люпиновидный, <i>Vicia cracca</i> L. – вика мышиная, ядовиты листья и семена молодых растений

Окончание таблицы			
№ п/п	Группа растений	Кол-во видов	Виды растений
5	Ядовитые растения – растения, вызывающие возбуждение центральной нервной системы и паралич центральной нервной системы у животных	8	<i>Cicuta virosa</i> L. – веж ядовитый, особенно ядовито корневище весной, <i>Ranunculus sceleratus</i> L. – лютик ядовитый, ядовит весной, после сушки безвреден, <i>Delphinium elatum</i> L. – живокость высокая, ядовита во время цветения, <i>Anemone sylvestris</i> L. – ветреница лесная, ядовиты листья, корневище. <i>Ledum palustre</i> L. – багульник болотный, ядовито для всех животных, <i>Caltha palustris</i> L. – калужница болотная, ядовита весной, во время цветения и плодоношения, <i>Artemisia commutate</i> Bess. – полынь замещающая, ядовиты все части растения, как в свежем, так и сухом виде, <i>A. jacutica</i> Drob. – полынь якутская, <i>A. mongolica</i> (Bess.) Fisch. ex Nakai – п. монгольская, <i>A. dracunculus</i> L. – п. эстрагон, <i>Tanacetum vulgare</i> L. – пижма обыкновенная, ядовиты соцветия и листья

Заключение

На территории национального парка в ландшафтно-растительных участках загонов лесных бизонов доминирующими видами деревьев являются *Picea obovate* – ель сибирская и *Betula pendula* – береза повислая, встречаются *Larix gmelinii* – лиственница Гмелина, *Pinus sylvestris* – сосна обыкновенная. Из кустарников часто встречаются *Crataegus dahurica* – боярышник даурский, *Rosa aciculari* – шиповник иглистый, *Salix bebbiana* – ива Бейба. В травостое обильно произрастают *Agropyron cristatum* – житняк гребенчатый, *Agrostis trinii* – полевица Триниуса, *Alopecurus glaucus* – лисохвост сизый, *Poa pratensis* – мятлик луговой, *Carex acuta* – осока острая, *C. Duriuscula* – осока твердоватая, *Iris setosa* – ирис щетинистый, *Polygonum aviculare* – горец птичий, *Chenopodium album* – марь обыкновенная, *Ranunculus gmelinii* – лютик Гмелина, *Potentilla anserine* – лапчатка гусиная, *P. Bifurca* – лапчатка вилчатая, *P. Stipularis* – лапчатка прилистниковая, *Veronica incana* – вероника седая, *V. Longifolia* – вероника длиннолистная, *Achillea millefolium* – тысячелистник обыкновенный, *Saussurea amara* – сюзсюрея, или горькуша, *Taraxacum officinale* – одуванчик лекарственный и другие.

Ведущими семействами в питании бизонов являются Мятликовые, Осоковые, Астровые. Виды этих семейств по шкале поедаемости оцениваются в 5 баллов, т.е. растения отлично поедаются, и в первую очередь. Виды семейств Хвоцевые, Луковые, Капустные, Розоцветные, Бобовые оценены в 4 балла. Семейства Колокольчиковые, Подорожниковые, Норичниковые, Кипрейные поедаются удовлетворительно, менее охотно, чем предыдущие, только после использования первых групп. Со всем не поедаются семейства Маревые,

Белозоровые, Сельдерейные, некоторые виды Яснотковых.

В растительности питомника «Усть-Буотама» произрастают ядовитые растения. Самые опасные из общего списка *Cicuta virosa*, *Ranunculus sceleratus*, *Delphinium elatum*, *Caltha palustris*, *Calla palustris*. Среди ядовитых растений 8 видов, вызывающих возбуждение центральной нервной системы, 6 видов, действующих на желудочно-кишечный тракт животных, 3 вида действуют на органы дыхания и пищеварительный тракт, 2 вида растений разрушают в организме витамин В1. В случае с ядовитыми растениями следует учесть, что ядовитость некоторых растений проявляется лишь при их систематическом попадании в корм животных.

В общем, приведенные в данной статье результаты исследования показывают, что ландшафтно-растительные ассоциации и кормовые условия Центральной Якутии вполне соответствуют пищевым потребностям американского лесного бизона, так что в будущем можно расширить их ареал обитания в разных местах республики.

Список литературы / References

1. Gates C.C., Freese C.N., Gogan P.J., Kotzman M. American Bison: Status Survey and Conservation Guidelines 2010. IUCN, Gland, Switzerland, 2010. 135 p.
2. Waggoner V., Hinkes M. Summer fall browse utilization by an Alaskan bison herd. J. Wild. Manag. 1986. Vol. 50. No. 2. P. 322–324.
3. Fortin D., Fryxell J.M., O’Brodivich L., D.Frandsen. Foraging ecology of bison at the landscape and plant community levels: the applicability of energy maximization principles. Journal of Zoology. 2013. Vol. 134. No. 2. P. 2072–2078.
4. Казьмин В.Д., Немеев С.В., Немеева И.А., Шамолина И.В. Суточные показатели питания полувольтных бизонов в степном местообитании (охранная зона заповедника «Ростовский») // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России: материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд-во Моск. город. о-во охотников и рыболовов, 2013. С. 264–266.

Kazmin V.D., Nemeev S.V., Nemeeva I.A., Shamonina I.V. Daily nutrition indicators of semi-free bison in the steppe habitat (protected zone of the Rostov nature reserve) // *Sohranenie raznoobrazia zsvotnyh i ohotnitchie hozyaistvo Rossii: materialy 5-oi Mezsdunarodnoy nauch.-prakt.konf. Moscow: Izdatelstvo Mosc. gorod. o-vo okhotnikov i rybolov*, 2013. P. 264–266 (in Russian).

5. Миноранский В.А., Даньков В.И., Толчеева С.В. Животные Центра редких животных европейских степей Ассоциации «Живая природа степи» // *Тр. Государственного природного биосферного заповедника «Ростовский»*. Вып. 5. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012. С. 232–254.

Minoransky V.A., Dankov V.I., Tolcheeva S.V. Animals Of the center for rare animals of European steppes Of the Association «Living nature of the steppe» // *Tr. Gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika «Rostovsky»*. Issue 5. Rostov n/D.: Izd-vo SKNC VCH YUFU, 2012. P. 232–254 (in Russian).

6. Сафронов В.М., Сметанин Р.Н., Степанова В.В. Интродукция лесного бизона (*Bison bison athabascae* Rhoads, 1897) в Центральной Якутии // *Российский журнал биологических инвазий*. 2011. № 4. С. 50–71.

Safronov V.M., Smetanin R.N., Stepanova V.V. Introduction of forest bison (*Bison bison athabascae* Rhoads, 1897) in Central Yakutia // *Rossiyskiy jurnal biologicheskikh invaziy*. 2011. No. 4. P. 50–71 (in Russian).

7. Сафронов В.М., Степанова В.В., Сметанин Р.Н. и др. Изучение экологических и физиолого-биохимических особенностей процесса адаптации лесного бизона в условиях Центральной Якутии как основа формирования дикой популяции. Отчет ИБПК СО РАН, 2011. 88 с.

Safronov V.M., Stepanova V.V., Smetanin R.N. et al. Study of the ecological and physiological-biochemical characteristics of the adaptation process of the forest bison in the conditions of Central Yakutia, as the basis for the formation of the wild population. Otchet IBPK SO RAN, 2011.88 p. (in Russian).

8. Сафронов В.М. Изменение климата и млекопитающие Якутии // *Зоологический журнал*. 2016. Т. 95. № 12. С. 1459–1474.

Safronov V.M. Climate change and mammals of Yakutia // *Zoologicheskiy jurnal*. 2016. Vol. 95. No. 12. P. 1459–1474 (in Russian).

9. Strong W.L., Gates C.C. Wood bison population recovery and forage availability in Northwestern. *Journal of Environmental Management*. 2009. Vol. 90 (1). P. 434–440.

10. Гоголева П.А. Конспект флоры высших сосудистых растений Центральной Якутии: Справочное пособие. Якутск: Изд-во «Бичик», 2018. 64 с.

Gogoleva P.A. Abstract of the flora of higher vascular plants of Central Yakutia: A reference guide. Yakutsk: Izd-vo «Bichik», 2018.64 p. (in Russian).

УДК 556:544.723

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ В ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ КАТИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III)

Полещук И.Н., Пинигина И.А., Решетова А.А., Полещук В.В.

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

Обеспечение водой различных промышленных предприятий является одной из важных производственных задач. Избыточное содержание ионов тяжелых металлов, к которым относится и железо, является токсичным и опасным. Тюменская область имеет большие залежи природных минералов разнообразного состава. В связи с этим актуальна проблема исследования местных минералов и области их применения. В нашей работе были проведены исследования природного минерала – монтмориллонита в нативной и модифицированной форме. Цель исследования – изучение основных закономерностей сорбционного извлечения железа (III) из модельных растворов монтмориллонитом и его модифицированными формами с возможным применением адсорбента для решения экологических проблем. Для получения химически измененных форм исследуемого минерала навески природного сорбента массой в 1 г помещали в 1 М растворы HCl, NaOH и NaCl. Исследования проводили на модельных растворах с концентрациями катиона железа от 0,05 до 0,2 ммоль/мл. Химический состав природного сорбента был определен с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM). Для изучения кинетики сорбции были проведены расчеты следующих величин: кратность извлечения сорбированных ионов, константа скорости процесса сорбции и энергия активации. Кратность извлечения ионов железа оказалась наибольшей для сорбента в Na-форме. В результате были построены зависимости $\ln k$ от $1/T$ для сорбента в различных формах. Полученные результаты показали, что химическая трансформация природного минерала является результативным способом увеличения сорбционной активности исследуемого сорбента. По расчетным значениям энергии активации установлено, что сорбция железа (III) из модельных растворов протекает по смешанно-диффузионному механизму. Согласно полученным результатам исследования можно рекомендовать природный минерал монтмориллонит для извлечения ионов железа (III) из водных растворов. Для улучшения сорбционных свойств рекомендуется использовать модифицированную форму природного минерала.

Ключевые слова: глинистый минерал, сорбционная активность, процессы сорбции, катионы Fe^{3+} , константа сорбции, энергия активации

USE OF MINERALS IN THE TREATMENT OF NATURAL AND WASTEWATER FROM IRON (III) CATIONS

Poleschuk I.N., Pinigina I.A., Reshetova A.A., Poleschuk V.V.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: poleschukin@tyuiu.ru

Providing water to various industrial enterprises is one of the most important production tasks. Excessive content of heavy metal ions, which includes iron, is toxic and dangerous. The Tyumen region has large deposits of natural minerals of various composition. In this regard, the problem of studying local minerals and their application is relevant. In our work, we conducted studies of a natural mineral – montmorillonite in native and modified form. Objective: to study the main regularities of sorption extraction of iron (III) from model solutions by montmorillonite and its modified forms with the possible use of an adsorbent for solving environmental problems. To obtain chemically modified forms of the mineral under study, natural sorbent samples weighing 1 g were placed in 1 M solutions of HCl, NaOH and NaCl. The studies were carried out on model solutions with iron cation concentrations from 0.05 to 0.2 mmol / ml. The chemical composition of the natural sorbent was determined using a scanning electron microscope (SEM). To study the sorption kinetics, the following values were calculated: the multiplicity of extraction of sorbed ions, the rate constant of the sorption process, and the activation energy. The multiplicity of extraction of iron ions was the highest for the sorbent in Na-form. As a result, the – dependences of $\ln k$ on $1/T$ for the sorbent in various forms were constructed. The obtained results showed that the chemical transformation of a natural mineral is an effective way to increase the sorption activity of the studied sorbent. According to the calculated values of the activation energy, it is established that the sorption of iron (III) from model solutions proceeds by a mixed – diffusion mechanism. According to the results of the study, the natural mineral montmorillonite can be recommended for the extraction of iron (III) ions from aqueous solutions. To improve the sorption properties, it is recommended to use a modified form of natural mineral.

Keywords: natural sorbent, montmorillonite, sorption efficiency, iron (III) cations, sorption constant, activation energy

Обеспечение водой промышленных предприятий, в том числе нефтегазовых, является одной из важных производственных задач. Все тяжелые металлы в избыточном количестве, к которым относится и железо, обладают токсическим действием [1]. В воду тяжелые металлы попадают в результате выбросов различных промышленных предприятий, а также при корро-

зии оборудования. Ионы таких металлов способны вступать в многочисленные химические и биологические реакции. Многие из них обладают переменной степенью окисления, поэтому участвуют в окислительно-восстановительных процессах. Они способны мигрировать в различные среды жизни и ухудшать их санитарное состояние [2]. В связи с этим актуальна пробле-

ма извлечения тяжелых металлов из сточных вод перед их сбросом в природные водоемы. В настоящее время для очистки сточных вод промышленных предприятий применяют различные методы, в том числе и дорогостоящие электрохимические. Такие методы являются энергоемкими и сложными в применении. Предпочтение необходимо отдавать методам очистки с использованием недорогого местного сырья или отходов промышленного производства, не уступающим по своей эффективности вышеуказанным [3, 4]. Сорбционный метод извлечения тяжелых металлов является одним из перспективных и эффективных способов очистки [5, 6]. В недрах Тюменского края можно найти большие запасы природных минералов различного состава. В связи с этим вполне актуальны исследования сорбционной способности местных минералов-сорбентов [7]. В Тюменском индустриальном университете на кафедре общей и специальной химии строительного института проводятся исследования по изучению сорбционной активности природных минералов по отношению к тяжелым металлам [8–10].

Цель исследования: изучение основных закономерностей сорбционного извлечения железа (III) из модельных растворов монтмориллонитом и его химически измененными формами с возможным применением адсорбента для решения экологических проблем.

Материалы и методы исследования

Монтмориллониты – это глинистые минералы, которые состоят из очень маленьких частиц в форме гексагональных чешуек. При увлажнении водой такие минералы проявляют пластические свойства. Структура глинистых минералов разбухает или сжимается в зависимости от степени гидратации. Разбухающие монтмориллониты построены из двойных силикатных слоев. Вода в структуре монтмориллонита располагается между силикатными слоями. Содержание этой воды зависит от содержания влаги в образце. В структуре монтмориллонита кроме воды имеются обменные катионы, которые расположены между силикатными слоями. Несовершенство структуры глинистых минералов указывает на их способность легко поглощать или выделять воду, а также на их ионообменные свойства [11].

Для установления химического состава исследуемого минерала методом рентгеноструктурного анализа использовали

сканирующий электронный микроскоп (SEM). Химический состав представлен на рис. 1. Точность определения $\pm 2\%$.



Рис. 1. Химический состав природного монтмориллонита

По результатам рентгеноструктурного анализа монтмориллонит содержит 54% диоксида кремния и 20,73% оксида алюминия, что указывает на полуокислый характер исследуемого минерала. Суммарное содержание оксидов натрия и калия составило 3,82%.

Методика исследования эффективности очистки от катионов железа на монтмориллоните. Крупные куски минерала измельчали, проводили разделение на фракции с помощью различных сит и для исследования брали ту часть, которая содержала частицы размером 1–2 мм. Метод проведения сорбции использовали статический. Концентрацию модельных растворов варьировали от 0,04 моль/л до 0,2 моль/л. Готовили модельные растворы различной концентрации методом разбавления исходного раствора. Исходный раствор с концентрацией 1 моль/л получали, растворяя навеску FeCl₃·6H₂O (квалификация «х.ч.») в бидистиллированной воде. Исследуемый минерал массой 1 г помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 50 мл модельного раствора и оставляли на 7 суток для установления равновесия. По истечению установленного времени сорбент отделяли от раствора на фильтре «синяя лента» и проводили анализ на содержание ионов железа. Для определения начального и равновесного содержания ионов железа в растворах использовали метод объемного комплексометрического титрования [12].

Для проведения химической активации природного минерала к навескам монтмориллонита массой 1 г добавляли растворы HCl, NaOH и NaCl с концентрацией 2 М. Таким образом, были получены: Н-форма, ОН-форма и Na-форма сорбента соответ-

ственно. Исследования проводили при температуре 25 °С.

Результаты исследования и их обсуждение

При исследовании ионообменных свойств природного минерала и его активационных форм, полученных после применения веществ-модификаторов, необходимо рассчитать величину адсорбции (Γ) и построить изотермы адсорбции. На основе экспериментальных данных, полученных в ходе комплексонометрического титрования, вычисляли величину адсорбции по уравнению

$$\Gamma = \frac{(C_{\text{исх}} - C_p) \cdot V_{\text{р-ра}}}{m_c}, \quad (1)$$

где $C_{\text{исх}}$ – исходная концентрация катионов железа (III) в растворе, ммоль/мл; C_p – равновесная концентрация катионов железа (III) в растворе после сорбции, ммоль/мл; V – объем модельного раствора, мл; m_c – масса исследуемого минерала-сорбента, г.

По расчетным данным строили изотермы адсорбции, т.е. графическую зависимость величин адсорбции от концентрации адсорбата при постоянной температуре, которые характеризуют сорбционные свойства минерала-сорбента. На рис. 2 приведены полученные изотермы на природном монтмориллоните и на его активационных формах.

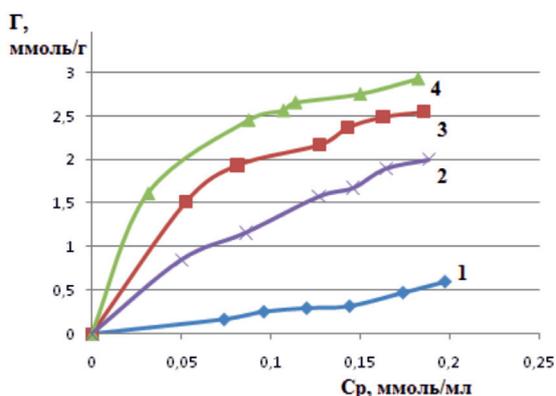


Рис. 2. Графическая зависимость катионов железа от равновесной концентрации на различных формах монтмориллонита: 1 – природная, 2 – Н-форма, 3 – ОН-форма, 4 – Na-форма

По внешнему виду, согласно классификации теории БЭТ, представленные изотермы напоминают изотерму IV-а типа [13], вид которой характерен для сорбентов со смешанной структурой. Выпуклые участки изотермы обычно указывают на присут-

ствие в сорбенте микропор. Из графических зависимостей видно, что активационные формы монтмориллонита имеют большую сорбционную способность, чем природная форма минерала.

Для исследования эффективности очистки модельных растворов от катионов железа (III) определяли отношение остаточного содержания ионов в растворе к исходной концентрации, принятой за 100% [14].

$$\Theta = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} 100,$$

где C_1 и C_2 – концентрация ионов металла в растворе (мг/дм³) до и после процесса очистки соответственно.

Результаты представлены в виде графической зависимости эффективности очистки модельных растворов от времени контакта сорбента и сорбтива на рис. 3.

Полученные результаты показывают, что на 2-й минуте контакта ионов железа с поверхностью минерала эффективность очистки составляет ~97%, затем наблюдается процесс десорбции, который завершается на 4-й минуте. Равновесное состояние достигается при эффективности извлечения ионов железа ~96%.

Кроме того, величиной, которая характеризует эффективность сорбционной очистки, является кратность извлечения ионов. Такая величина определяется как отношение исходной концентрации исследуемых ионов к равновесной ($C_1/C_{\text{равн}}$). Это отношение показывает, во сколько раз снижается концентрация извлекаемых ионов в водных растворах в результате сорбции. Кратность извлечения ионов железа (III) составила 3,56; 3,43 и 4,22 на ОН-, Н- и Na-формах глинистого минерала соответственно.

Для исследования кинетики сорбционного процесса была рассчитана энергия активации. Значение энергии активации определяет режим протекания процесса очистки водных растворов. Для определения этой величины необходимо первоначально рассчитать константу скорости реакции. Константа скорости рассчитывается по «рабочей» формуле константы скорости 1-го порядка:

$$k = \frac{2,3}{t} \lg \frac{A}{(A - X)}, \quad (2)$$

где t – время появления характерной желто-зеленой окраски (мин), x – количество трилона Б, добавленное к данному моменту времени (мл), A – общее количество трилона Б, добавленное на протяжении всего опыта (мл).

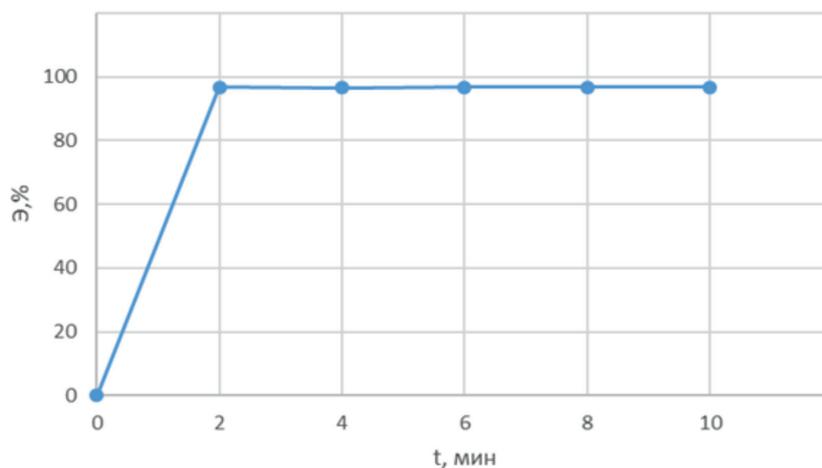


Рис. 3. График зависимости эффективности очистки от времени взаимодействия с сорбентом

Таблица 1

Значения констант скоростей процесса сорбции железа (III) различными формами монтмориллонита при разных температурах

Формы сорбента	Константа скорости ($K \times 10^4, c^{-1}$)		
	298 К	318 К	333 К
Без добавок	0,15	0,21	0,33
ОН-форма	0,24	0,91	1,3
Na-форма	0,19	0,82	1,16
H-форма	0,18	0,79	1,12

Таблица 2

Энергия активации для сорбционного извлечения Fe^{3+} различными формами минерала

Форма минерала	Энергия активации ($E_a, кДж \times моль^{-1}$)
Без добавок	11,97
ОН-форма	23,45
Na-форма	22,57
H-форма	20,075

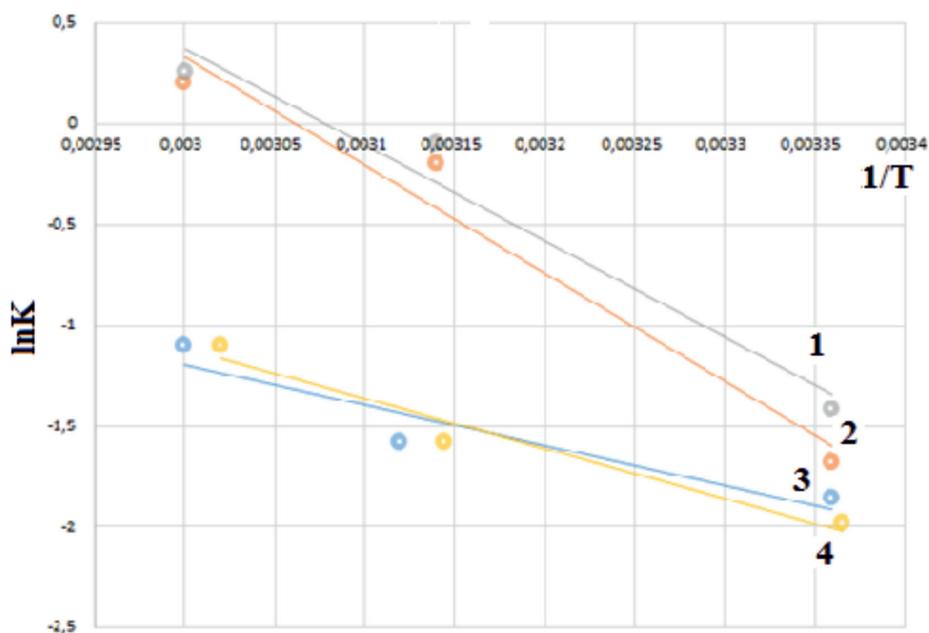


Рис. 4. Зависимость $\ln k$ от $1/T$ для процесса сорбции: 1 – модифицированного сорбента гидроксидом натрия, 2 – модифицированного сорбента хлоридом натрия, 3 – модифицированного сорбента соляной кислотой, 4 – немодифицированного сорбента

Константа скорости химической реакции зависит только от температуры и природы реагирующих веществ. В табл. 1 занесены средние константы скорости для каждой из температур соответствующей формы исследуемого минерала.

С ростом температуры модельных растворов константа скорости сорбционного извлечения ионов Fe^{3+} увеличивается для всех форм исследуемого минерала.

Энергия активации может быть определена из графической зависимости ($\ln k$ от $1/T$), в соответствии с уравнением Аррениуса. Энергия активации определяется как тангенс угла наклона прямой к оси X , умноженный на R (универсальная газовая постоянная) (рис. 4).

В табл. 2 представлены рассчитанные величины энергии активации для каждой исследуемой формы сорбента.

Рассчитанные величины энергии активации находятся в том интервале значений, который характеризует диффузионную стадию сорбционного процесса [15]. Полученные значения энергии активации подтверждают смешанно-диффузионный характер сорбционного извлечения ионов Fe^{3+} , где наибольшая роль принадлежит диффузия внутри зерна исследуемого сорбента.

Заключение

Полученные результаты показали, что сорбция железа (III) из модельных растворов протекает по смешанно-диффузионному механизму. Для увеличения сорбционной активности природного минерала необходимо проводить его химическую трансформацию. Наибольшим сродством по отношению к ионам железа (III) обладает солевая форма монтмориллонита. Химическая модификация природного материала является эффективным способом повышения сорбционной способности природного минерала. Согласно полученным результатам исследования можно рекомендовать природный минерал монтмориллонит для извлечения ионов железа (III) из водных растворов.

Список литературы / References

1. Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (экоотоксикология). Курс лекций. СПб.: РГГМУ, 2013. 179 с.
Frumin G.T. Environmental toxicology (ecotoxicology). Lecture course. SPb.: RGGMU, 2013. 179 p. (in Russian).
2. Топалова О.В., Пимнева Л.А. Химия окружающей среды. СПб.: Лань, 2013. 160 с.
Topalova O.V., Pimneva L.A. Chemistry of the environment. SPb.: Lan, 2013. 160 p. (in Russian).
3. Зонхоева Э.Л., Санжанова С.С. Сорбция ионов молибдена (VI) на природных минеральных сорбентах // Журнал физической химии. 2017. Т. 91. № 11. С. 1917–1923.
Zonkhoeva E.L., Sanzhanova S.S. Sorption of molybdenum (VI) ions on natural mineral sorbents // Journal of Physical Chemistry. 2017. Vol. 91. No. 11. P. 1917–1923 (in Russian).
4. Королёв В.А., Самарин Е.Н., Панфилов В.А., Романова И.В. Сорбционные свойства брусита и глинистых смесей на его основе // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 1. С. 18–24.
Korolev V.A., Samarin E.N., Panfilov V.A., Romanova I.V. Sorption properties of brucite and clay mixtures based on it // Ecology and Industry of Russia. 2016. T. 20. No. 1. P. 18–24 (in Russian).
5. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск: УЛГТУ. 2011. 201 с.
Klimov E.S., Buzaeva M.V. Natural sorbents and chelating agents in wastewater treatment. Ulyanovsk: ULGTU. 2011. 201 p. (in Russian).
6. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. Новосибирск: Наука, 1999. 470 с.
Smirnov A.D. Sorption water purification. Novosibirsk: Science, 1999. 470 p. (in Russian).
7. Большаков А.А., Вялкова Е.И. Природные минералы Тюменской области: свойства и перспективы использования в процессах очистки воды. СПб.: Недра, 2005. 128 с.
Bolshakov A.A., Vyalkova E.I. Natural minerals of the Tyumen region: properties and prospects of use in water purification processes. SPb.: Nedra, 2005. 128 p. (in Russian).
8. Полещук И.Н., Пинигина И.А., Созыкина Е.С. Извлечение железа (III) из водных растворов природными сорбентами // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 16. С. 65–69.
Poleschuk I.N., Pinigina I.A., Sozykina E.S. Extraction of iron (III) from aqueous solutions by natural sorbents // Modern high technologies. 2019. No. 16. P. 65–69 (in Russian).
9. Пимнева Л.А., Полещук И.Н. Extraction of ions of zinc and copper by modified kaolinite forms. 2018 IOPConf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 451 012224.
10. Полещук И.Н., Малышкина В.В. Сорбционная активность каолинита по отношению к ионам цинка // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 19. С. 272–274.
Poleschuk I.N., Malyshkina V.V. Sorption activity of kaolinite in relation to zinc ions // International journal of applied and fundamental research. 2015. No. 19. P. 272–274 (in Russian).
11. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: КДУ, 2008. 720 с.
Betekhtin A.G. Course of mineralogy. M.: KDU, 2008. 720 p. (in Russian).
12. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 360 с.
Schwarzenbach G., Flaschka G. Complexometric titration. M.: Chemistry, 1970. 360 p. (in Russian).
13. Пальтиель Л.Р., Зенин Г.С., Вольнец Н.Ф. Коллоидная химия. СПб.: СЗТУ, 2004. 68 с.
Paltiel L.R., Zenin G.S., Volynets N.F. Colloidal chemistry. SPb.: SZTU, 2004. 68 p. (in Russian).
14. Дремичева Е.С. Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа (III) и меди (II) из сточных вод // Вестник Московского университета. 2017. Сер. 2. Химия. Т. 58. № 4. С. 204–207.
Dremicheva E.S. Study of the kinetics of sorption on peat of iron (III) and copper (II) ions from wastewater // Bulletin of the Moscow University. 2017. Ser. 2 Chemistry. T. 58. No. 4. P. 204–207 (in Russian).
15. Хурамшина И.З. Сорбционное извлечение меди (II) из водных растворов природными минеральными сорбентами на основе опал-кристобаллитовых пород // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. № 2. С. 338–344.
Khuramshina I.Z. Sorption extraction of copper (II) from aqueous solutions by natural mineral sorbents based on opal-cristobalite rocks // Sorption and chromatographic processes. 2014. Vol. 14. No. 2. P. 338–344 (in Russian).

УДК 624.131.7

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ****Поморцева А.А., Карасев М.А., Поспехов Г.Б.***ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург,
e-mail: a.a.pomortseva@mail.ru*

Применение технологии кучного выщелачивания на сегодня является актуальной практикой в добывающей промышленности по всему миру благодаря своей рентабельности, высокой эффективности и низким капитальным затратам. Кучное выщелачивание позволяет максимально эффективно использовать как отходы горнорудного производства, так и забалансовые запасы месторождений с целью извлечения полезного компонента даже при низком и некондиционном его содержании. Многолетняя практика работы зарубежных предприятий, использующих метод кучного выщелачивания, подтверждает его высокую технико-экономическую эффективность по сравнению с традиционными фабричными технологиями. Технология кучного выщелачивания имеет специфические особенности и определенные риски, как для окружающей среды, так и для безопасности труда при ее применении. При проектировании штабелей кучного выщелачивания первоочередное значение имеют инженерно-геологические процессы, поскольку именно они определяют фактическую устойчивость штабеля и являются ключевыми с точки зрения эффективной, надежной и безопасной эксплуатации штабеля кучного выщелачивания. В данной работе рассмотрена расчетная схема развития напряженно-деформированного состояния штабеля выщелачивания, выполнена оценка устойчивости техногенного массива по двум основным расчетным сечениям, ориентированным вдоль и поперек отвала с использованием двух отдельных программных комплексов Plaxis и Slide. При выполнении моделирования учтены различные варианты формирования напряженного состояния отвала техногенного массива кучного выщелачивания, которые включают изменение напряженного состояния отвала в результате передачи нагрузки от транспортного оборудования, изменения напряженного состояния при его насыщении растворами. Сделаны прогнозные оценки поведения массива штабеля в период его сооружения и эксплуатации.

Ключевые слова: штабель кучного выщелачивания, напряженно-деформированное состояние, оценка устойчивости, инженерно-геологический прогноз, моделирование геомеханических процессов

**ENGINEERING AND GEOLOGICAL SUPPORT OF THE STABILITY
OF THE HEAP LEACH PAD****Pomortseva A.A., Karasev M.A., Pospekhov G.B.***Saint-Petersburg Mining University, Saint Petersburg, e-mail: a.a.pomortseva@mail.ru*

The use of the heap leach pads today is a relevant practice in the mining industry around the world due to its profitability, high efficiency and low capital costs. The technology of heap leaching allows to use both mining waste and off-balance reserves of deposits in order to extract a useful component much more efficiently even with its low and substandard content. Long-term practice of foreign enterprises using the heap leaching method confirms its high technical and economic efficiency in comparison with traditional factory technologies. However, today the heap leaching technology cannot be considered as a perfect one due to the specific features of the technology itself which includes certain risks both for the environment and for labor safety. In the design and construction of the heap leach pads geomechanical processes have the primary importance, since they determine the actual stability of the stack and are the key for the effective, reliable and safe exploitation of the heap leach pad. A design of the scheme for the development of the stress and strain state of the leach stack was developed, the stability of the technogenic massif was assessed. In two main design sections oriented along and across the stack using two separate Plaxis and Slide software systems. Various options for the formation of the stress state of the heap leaching stack were taken into account in simulation model, which include the change in the stress state of the stack as a result of applied load from the transport equipment and the change in the stress state when the mass is saturated with solutions. The stability coefficient for various design cases are determined. Predictive estimates of the behavior of the stack mass during its construction and operation were made.

Keywords: heap leach pad, stress and strain state, stability assessment, engineering and geological forecast, modeling of geomechanical processes

В связи с уменьшением запасов богатых золотосодержащих руд и увеличением объемов нетрадиционного сырья, бедных и забалансовых руд, технология кучного выщелачивания находит все более широкое применение для извлечения полезного компонента из низкосортных руд в силу ее высокой рентабельности, особенно в золотодобывающей промышленности [1–3]. С применением данной технологии отходы горнорудного производства, складированные в отвалы, рассматриваются как техногенные

месторождения различных видов металлов, что отвечает современным принципам устойчивого развития [4]. Основным принципом технологии кучного выщелачивания является миграция раствора цианида натрия через неподвижный объем предварительно раздробленной до крупности 120 мм, а затем окомкованной с добавлением цемента руды. В результате чего по пути движения раствора происходит окисление металлов за счет их взаимодействия с химическими реагентами, металлы преобразуются

в легкорастворимые соединения и остаются в растворе, из которого в последующем легко извлечь полезный компонент. В связи с этим основание конструкции массива штабеля выщелачивания устраивается под углом наклона $1-3^\circ$ для последующего эффективного сбора продуктивного раствора. Главным достоинством технологии является относительно низкая стоимость извлечения полезного компонента [2, 5]. При использовании данной технологии возникает ряд трудностей, ввиду различных инженерно-геологических факторов, влияющих на прогнозирование и обеспечение устойчивости техногенного сооружения. В связи с этим в качестве главного инструмента при проектировании работ по кучному выщелачиванию на сегодняшний день применяется численное моделирование развития напряженно-деформированного состояния штабеля выщелачивания. Результаты моделирования являются главным основанием для разработки надежных проектных решений для безопасного сооружения и эксплуатации техногенного массива штабеля кучного выщелачивания [6]. Однако при моделировании возникают затруднения, связанные с учетом изменений параметров физико-механических свойств техногенных грунтов, слагающих массив штабеля, обусловленных химическим процессом выщелачивания грунтов, его значительной продолжительностью, уплотнением техногенных грунтов под действием гравитации и собственного веса, а также насыщением растворами цианида и атмосферными осадками [7, 8]. Все это приводит к изменению параметров физико-механических свойств, в том числе и к снижению прочностных характеристик грунтов штабеля выщелачивания [9]. Таким образом, для повышения надежности прогнозирования инженерно-геологических условий эксплуатации техногенного массива штабеля кучного выщелачивания, требуется проведение лабораторных исследований, мониторинга изменения параметров свойств техногенных грунтов с моделированием развития напряженно-деформированного состояния на различных этапах строительства и эксплуатации штабеля. В представленной работе численное моделирование напряженно-деформированного состояния произведено на основе результатов лабораторных испытаний грунтов техногенного массива штабеля в их изначальном состоянии, до укладки в штабель и обработки растворами цианида, представляет собой предварительное моделирование

для обоснования проектных параметров принятой конструкции штабеля.

Целью исследования являлась разработка алгоритма инженерно-геологического обеспечения устойчивости массива кучного выщелачивания посредством оценки напряженно-деформированного состояния массива штабеля кучного выщелачивания на стадиях его сооружения и эксплуатации, а также расчета локальной и общей устойчивости штабеля и выявления закономерностей потери устойчивости.

Основной метод исследования заключался в математическом моделировании развития напряженно-деформированного состояния отвала штабеля методами механики сплошной среды [10].

Конструкция штабеля кучного выщелачивания представляет собой четырехъярусное сооружение, сложенное окомкованной рудой, отсыпка которой производится механизированным способом. Отвал состоит из ярусов высотой 10 м, которые разделены на панели, панели друг от друга отделяются разделительными дамбами высотой 2 м. Для эффективного сбора продуктивного раствора наклон основания при устройстве штабелей кучного выщелачивания согласно промышленной отечественной и зарубежной практике обычно принимается в поперечном направлении 3° , в продольном направлении 1° .

Основные конструктивные параметры штабеля кучного выщелачивания представлены на рис. 1.

Основой численного алгоритма расчета параметров напряженного состояния штабеля кучного выщелачивания стали результаты лабораторных испытаний образцов грунтов основания штабеля и грунта, слагающего массив штабеля. Характеристики грунтов основания и самого штабеля представлены в табл. 1 и 2. От правильности выбора и выполнения лабораторных испытаний грунтов зависит надежность прогноза инженерно-геологической, горно-геомеханической обстановки и поведения пород штабеля с учетом проектных нагрузок, основанного на численном моделировании формирования напряженно-деформированного состояния грунтов штабеля [11]. Для идентификации физико-механических свойств грунтов применялись испытания по определению гранулометрического состава грунта согласно ГОСТ 12536-2014 и плотности минеральной части согласно ГОСТ 5180-2015, по их результатам были получены: плотность грунтов при естественной влажности,

плотность при полном водонасыщении, коэффициент пористости. По результатам испытаний техногенных грунтов при прямом (одноплоскостном) срезе и компрессионных испытаний согласно ГОСТ 12248-2010 а также расчетными методами были получены модуль деформации грунта, одометрический модуль деформации грунта, модуль упругости, коэффициент поперечной деформации, сцепление, угол внутреннего трения, угол дилатансии (табл. 1, 2).

В качестве моделей деформирования сред при выполнении расчетов оценки устойчивости отвала кучного выщелачивания приняты модель Кулона – Мора для описания механического поведения

грунтов основания и грунтов сооружения и модель упрочняющегося грунта (Hardening soil model) для описания механического поведения окомкованной руды. Hardening soil model (упругопластическая модель с изотропным упрочнением) используется для всех видов дисперсных грунтов, как песчаных, так и глинистых. В отличие от модели Кулона – Мора, данная модель использует гиперболическую зависимость деформаций от напряжений, что более точно описывает реальное поведение грунтов и учитывает упрочнение грунта при увеличении уровня напряжений, то есть описывается зависимость модулей деформации от напряжений [12].

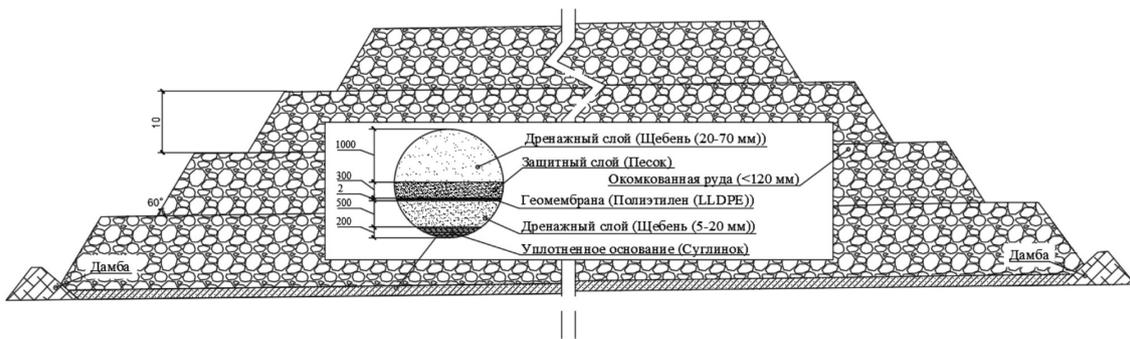


Рис. 1. Схема техногенного массива штабеля кучного выщелачивания в поперечном направлении

Таблица 1

Параметры модели Кулона – Мора для грунтов основания и сооружения

Наименование грунта	γ_{unsat} кН/м ³	γ_{sat} кН/м ³	e	E_0 , МПа	ν_0	c' , кПа	$\varphi', ^\circ$
Грунты основания							
Суглинок дресвянный с примесью торфа, мягкопластичный	15,6	18,4	0,73	10,0	0,35	18	20
Грунты штабеля							
Тело дамбы	21,0	22,0	0,32	40,0	0,40	10	35
Противофильтрационный элемент	17,5	20,5	0,05	15,0	0,40	5	15
Защитный слой из щебенистого грунта	22,0	24,0	0,73	40,0	0,40	5	40

Таблица 2

Параметры модели Hardening soil для грунтов штабеля

γ_{unsat} кН/м ³	γ_{sat} кН/м ³	e	E_0 , МПа	E_{oed} МПа	E_{ur} , МПа	m	c' , кПа	$\varphi', ^\circ$	$\psi, ^\circ$
15,6	17,3	–	10	6,5	30	0,6	40	31	0

Примечание. γ_{unsat} – плотность грунта при естественной влажности; γ_{sat} – плотность грунта при полном водонасыщении; e – коэффициент пористости; E_0 – модуль деформации грунта; E_{oed} – одометрический модуль деформации грунта; E_{ur} – модуль упругости грунта; ν_0 – коэффициент поперечной деформации грунта; m – показатель, учитывающий влияние средних напряжений на деформационные свойства грунта; c' – эффективное сцепление; φ' – эффективный угол внутреннего трения; ψ – угол дилатансии.

Расчет устойчивости отвалов выполнялся для двух основных расчетных случаев. Первый расчетный случай – стадия строительства, характеризующая напряженное состояние отвала в процессе его формирования. Вторая стадия – стадия эксплуатации, характеризующая изменение напряженного состояния тела отвала в процессе выщелачивания руды. В процессе строительства тело отвала и грунты основания находятся в сухом состоянии. На стадии эксплуатации грунты, расположенные ниже уровня подземных вод, принимались как полностью водонасыщенные, грунты, расположенные выше грунтовых вод, принимались как полностью сухие.

Расчет устойчивости выполнялся на основании численного моделирования в плоско-деформационной постановке в программном комплексе Plaxis постановке по двум расчетным сечениям (рис. 2). При прогнозе напряженного состояния отвала учитывались стадийность формирования ярусов отвала, нагрузка от транспортного оборудования, обводненность растворами выщелачивания тела отвала. Процесс формирования отвала сопровождается деформированием руды, что приводит к изменению геометрической конфигурации отвала за счет уплотнения руды [13]. Дополнительно в программном комплексе Slide (метод предельного равновесия) выполнена про-

верка устойчивости отвала в его исходной конфигурации, без учета уплотнения рудной массы.

При расчете напряженно-деформированного состояния в процессе формирования ярусов отвала штабеля кучного выщелачивания было принято 4 стадии формирования напряженного состояния, каждая из которых соответствует формированию ярусов отвала штабеля. В зависимости от принятой расчетной схемы (стадия строительства, стадия эксплуатации) условия обводненности тела отвала штабеля кучного выщелачивания изменялись.

Оценка устойчивости отвала была выполнена по двум формам потери устойчивости – местной (локальной) и общей. Под местной устойчивостью понимается потеря устойчивости в рамках локального участка, яруса отвала или минимальное значение коэффициента устойчивости по всему отвалу. Под общей устойчивостью понимается потеря устойчивости отвала, когда поверхность скольжения проходит через все четыре яруса отвала и может привести к катастрофическим последствиям, при этом при обеспечении общей устойчивости местная устойчивость может быть не обеспечена [14]. Оценка общей устойчивости отвала штабеля кучного выщелачивания выполнена в программном комплексе Slide.

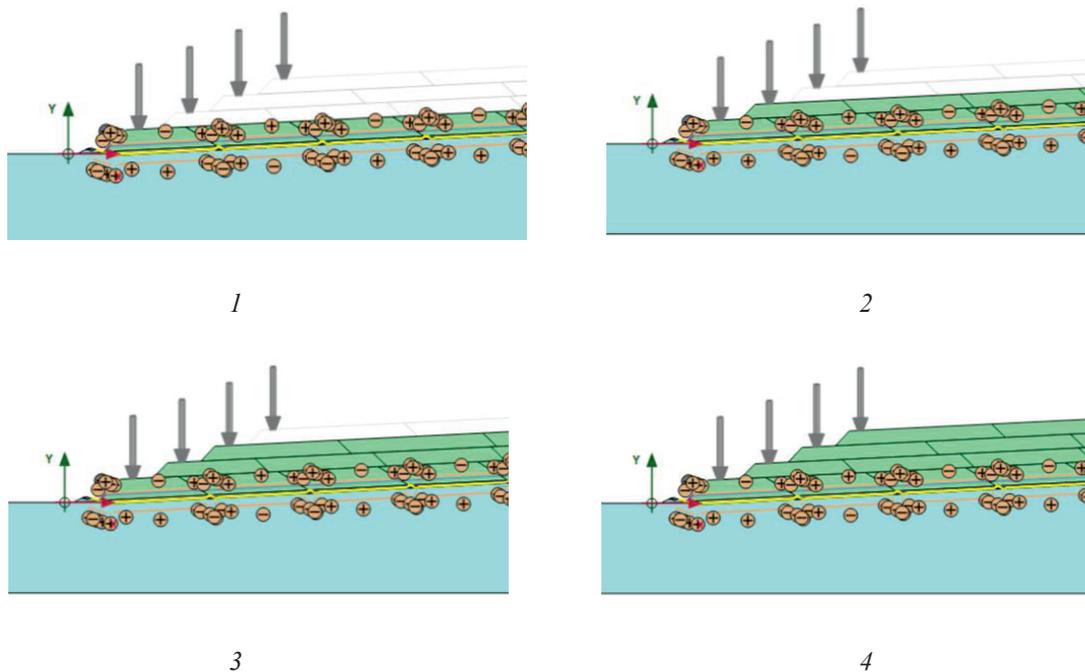


Рис. 2. Стадии численного моделирования формирования напряженного состояния штабеля кучного выщелачивания (поперечное сечение)

Результаты оценки устойчивости отвала штабеля кучного выщелачивания согласно принятым расчетным схемам сведены в табл. 3. Результаты оценки общей устойчивости отвала представлены в табл. 4.

Таблица 3

Оценка местной устойчивости отвала на стадии строительства

Расчетное сечение	Коэффициент запаса по устойчивости при формировании яруса отвала			
	I ярус	II ярус	III ярус	IV ярус
Без нагрузки от транспорта				
Поперечное сечение – I	2,16 (1,72)	2,12 (1,72)	1,98 (1,72)	1,98 (1,72)
Продольное сечение – II	2,18 (1,87)	2,16 (1,87)	2,13 (1,87)	2,01 (1,87)
С учетом нагрузки от транспортного оборудования				
Поперечное сечение – I	1,57 (1,44)	1,76 (1,73)	1,97 (1,82)	1,90 (1,82)
Продольное сечение – II	1,80 (1,53)	1,95 (1,84)	1,99 (1,85)	1,93 (1,80)

Примечание. Вне скобок приведены результаты оценки устойчивости в программном комплексе Plaxis, учитывающие изменение конфигурации отвала в процессе его уплотнения; в скобках приведены результаты оценки устойчивости отвала методом предельного равновесия, не учитывающие изменение начальной конфигурации тела отвала в процессе уплотнения.

Таблица 4

Общая устойчивость откоса

Расчетное сечение	Коэффициент запаса по устойчивости при различных схемах нагружения				
	Стадия строительства	Стадия эксплуатации, режим нормальной эксплуатации	Стадия эксплуатации, полное водонасыщение первого яруса	Стадия эксплуатации, полное водонасыщение всех ярусов, с учетом перемычек между ярусами	Стадия эксплуатации, полное водонасыщение всех ярусов
Поперечное сечение – I	1,83	1,61	1,36	1,21	0,76
Продольное сечение – II	1,94	1,88	1,52	1,42	0,91

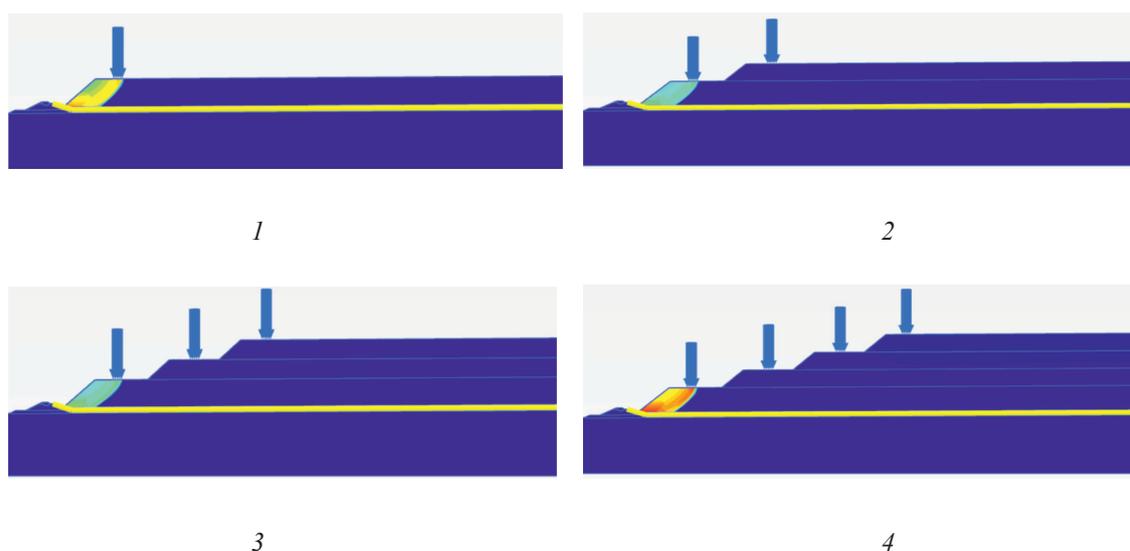


Рис. 3. Форма потери устойчивости штабеля кучного выщелачивания (продольное сечение, с учетом нагрузки от транспорта, стадия эксплуатации)

Заклучение

В данной статье рассматривается моделирование развития напряженно-деформированного состояния техногенного массива штабеля кучного выщелачивания. Основной целью исследования данной инженерно-геологической и геомеханической проблемы является разработка алгоритма инженерно-геологического обеспечения устойчивости техногенного массива штабеля кучного выщелачивания на основании численного инструмента, способного моделировать инженерно-геологическую и горно-геомеханическую обстановку участка кучного выщелачивания. Для более точных результатов моделирования и прогнозных оценок разработанная расчетная схема оценки устойчивости откосов техногенного массива штабеля должна максимально соответствовать условиям сооружения и эксплуатации техногенного массива штабеля выщелачивания. Отсыпка штабеля производится под углом, близким к углу естественного откоса. При этом в массиве устанавливается равновесие удерживающих и сдвигающих откос сил. Представленная модель демонстрирует, что поверхность скольжения локализуется в рамках яруса и не распространяется на весь штабель, это говорит о более высоком общем коэффициенте устойчивости штабеля ввиду того, что сдвигающие призмы сил активного давления не превышают внутренние силы сопротивления смещению пород штабеля. Высота яруса в 10 м является оптимальной и допустимой для обеспечения общей устойчивости штабеля. Из результатов исследования можно сделать вывод, что коэффициент запаса по устойчивости практически не изменяется по мере увеличения количества ярусов штабеля, от первого до четвертого. Локализация деформаций для всех расчетных вариантов происходит в окомкованной руде первого яруса, в породах первого яруса можно ожидать смещение пород штабеля от проектного положения, что требует специальных мер по поддержанию устойчивости первого яруса штабеля. В заключение стоит отметить, что для более точных прогнозов инженерно-геологической, геомеханической обстановки на участках кучного выщелачивания численное моделирование напряженно-деформированного состояния техногенного массива необходимо осуществлять на основе алгоритма, учитывающего закономерности изменения физико-механических свойств горных пород под влиянием уплотнения массива под действием

гравитации и веса вышележащих пород, насыщения грунтов массива растворами цианида и атмосферными осадками и последующее формирование массива с новыми механическими свойствами на основании мониторинга изменения физико-механических свойств грунтов в разные периоды эксплуатации штабеля с целью обоснования надежных инженерных решений по управлению устойчивостью штабеля кучного выщелачивания.

Список литературы / References

1. Татауров С.Б. Оценка эффективности извлечения золота при кучном выщелачивании окомкованной суглинистой руды в Сибири // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 7. М.: МГТУ, 2007. 320 с.
2. Tatauov S.B. Assessment of gold recovery efficiency during heap leaching of pelletized loamy ores in Siberia. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. No. 7. M.: MGТУ, 2007. 320 p. (in Russian).
3. Файзуллина М.И. Кучное выщелачивание благородных металлов. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. С. 161–168.
4. Fayzullina M.I. Heap leaching of noble metals. M.: Izd-vo Akademii gornyykh nauk, 2001. P. 161–168 (in Russian).
5. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Исследования обогатимости сульфидных и окисленных руд золоторудных месторождений Алданского щита // Записки Горного института. 2020. Т. 242. С. 218–227. DOI: 10.31897/PMI.2020.2.218.
6. Fedotov P.K., Senchenko A.E., Fedotov K.V., Burdonov A.E. Studies of enrichment of sulfide and oxidized ores of gold deposits of the Aldan shield // *Zapiski Gornogo instituta*. 2020. Vol. 242. P. 218–227. DOI: 10.31897/PMI.2020.2.218 (in Russian).
7. Гальперин А.М., Кутепов Ю.И., Круподеров В.С. Инженерно-геологическое обеспечение формирования и последующего использования отвальных массивов на горных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S1. С. 20–35.
8. Galperin A.M., Kutepov Yu.I., Krupoderov V.S. Engineering and geological support for the formation and subsequent use of rock massifs in mining enterprises // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* (nauchno-tehnicheskiy zhurnal). 2015. № S1. P. 20–35 (in Russian).
9. Фоменко А.А. Использование техногенных скопленений и забалансовых руд цветных металлов в контексте экономики природопользования // Горный журнал. 2013 № 2. С. 102–107.
10. Fomenko A.A. Use of the technogenic accumulations and off-balance sheet ores of nonferrous metals in the context of economy of nature use // *Gornyy zhurnal*. 2013. No. 2. P. 102–107 (in Russian).
11. Трушко В.Л., Протосеня А.Г. Перспективы развития геомеханики в условиях нового технологического уклада // Записки Горного института. 2019. Т. 236. С. 162–166. DOI: 10.31897/PMI.2019.2.162.
12. Trushko V.L., Protosenya A.G. Prospects of Geomechanics Development in the Context of New Technological Paradigm // *Zapiski Gornogo instituta*. 2019. Vol. 236. P. 162–166. DOI: 10.31897/PMI.2019.2.162 (in Russian).
13. Сарапулова Г.И. Эколого-геохимическая оценка почв в зоне техногенных объектов // Записки Горного института. 2018. Т. 234. С. 658–662. DOI: 10.25515/PMI.2018.6.658.
14. Sarapulova G.I. Environmental Geochemical Assessment of Technogenic Soils // *Zapiski Gornogo instituta*. 2018. Vol. 234. P. 658–662. DOI: 10.25515/PMI.2018.6.658 (in Russian).
15. Petersen J. Heap leaching as a key technology for recovery of values from low-grade ores – A brief overview, *Hydrometallurgy*. 2015. P. 122.

9. Лушников Я.В., Багазеев В.К. Определение физико-механических свойств окатышей при формировании штабеля кучного выщелачивания // Горный журнал. 2013. № 8. С. 124–127.
- Lushnikov Ya.V., Bagazeev V.K. Determination of the physical and mechanical properties of the soil under the formation of the heap leaching stack // Gornyy zhurnal. 2013. No. 8. P. 124–127 (in Russian).
10. Господариков А.П., Зацепин М.А. Математическое моделирование нелинейных краевых задач геомеханики // Горный журнал. 2019. № 12. С. 16–20.
- Gospodarikov A.P., Zatsepin M.A. Mathematical modeling of boundary problems in geomechanics // Gornyi Zhurnal. 2019. No. 12. P. 16–20 (in Russian).
11. Протосеня А.Г., Вербилло П.Э. Изучение прочности на сжатие трещиноватого горного массива // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 51–57. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.51.
- Protosenya A.G., Verbilo P.E. Research of Compression Strength of Fissured Rock Mass // Zapiski Gornogo Instituta. 2017. Vol. 223. P. 51–57. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.51 (in Russian).
12. Солодей И.И., Затылюк Г.А. Использование грунтовых моделей при численном моделировании подземных сооружений (48–55) // Восточно-Европейский научный журнал. 2019. № 48 (2). С. 48–55.
- Solodey I.I., Zatylyuk G.A. The use of soil models in the numerical modeling of underground structures (48–55) // Vostochno-Yevropeyskiy Nauchnyy Zhurnal. 2019. Vol. 48 (2). P. 48–55 (in Russian).
13. Рогов Е.И., Рогов А.Е., Рыспанов Н.Б. Обоснование и оптимизация основных геотехнологических параметров при кучном выщелачивании металлов. М.: Горная книга, 2010. 48 с.
- Rogov E.I., Rogov A.E., Ryspanov N.B. Justification and optimization of the main geotechnological parameters for metals heap leaching. M.: Gornaya kniga, 2010. 48 p. (in Russian).
14. Рудаев Я.И., Китаева Д.А., Мамадалиева М.А. Моделирование деформационного поведения горных пород // Записки Горного института. 2016. Т. 222. С. 816–822. DOI: 10.18454/PMI.2016.6.816.
- Rudaev Ya.I., Kitaeva D.A., Mamadalieva M.A. Simulation of rock deformation behavior. Zapiski Gornogo instituta. 2016. Vol. 222. P. 816–822. DOI: 10.18454/PMI.2016.6.816 (in Russian).