

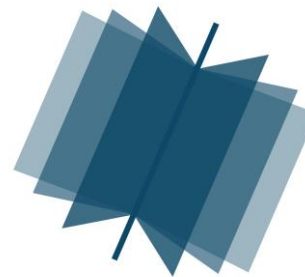
№ 2 (116) ▪ 2022
Часть 1 ▪ Февраль

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

ISSN 2227-6017 ONLINE

Екатеринбург
2022



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес издателя и редакции: 620137, г. Екатеринбург, ул.
Академическая, д. 11, корп. А, оф. 4.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org
16+

**№ 2 (116) 2022
Часть 1
Февраль**

Дата выхода 17.02.2022
Цена: бесплатно.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких-либо ограничений. Тип лицензии CC, поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Актуальная информация об индексации журнала в библиографических базах данных <https://research-journal.org/indexing/>.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: ЭЛ № ФС 77 - 80772.

Члены редколлегии:

Филологические науки:

Растягаев А.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Штрекер Н.Ю. к. филол. н., Калужский Государственный Университет имени К.Э. Циолковского (Калуга, Россия);
Вербицкая О.М. к. филол. н., Иркутский Государственный Университет (Иркутск, Россия).

Технические науки:

Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижний Новгород, Россия);
Герасимова Л.Г. д-р техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Апатиты, Россия);
Курасов В.С. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Оськин С.В. д-р техн. наук, проф. Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия).

Педагогические науки:

Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);
Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);
Лукиянова М.И. д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);
Ходакова Н.П. д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

Психологические науки:

Розенова М.И. д-р психол. наук, проф., Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия);
Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);
Каменская В.Г. д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

Физико-математические науки:

Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);
Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Государственный Научный Центр ЦНИИчермет им. И.П. Бардина (Москва, Россия);
Свиштунов Ю.А. д-р физ.-мат. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Географические науки:

Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к. техн. наук проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);
Брылеев В.А. д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);
Огуреева Г.Н. д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

Биологические науки:

Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского (Саратов, Россия);
Еськов Е.К. д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);
Ларионов М.В., д-р биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия).

Архитектура:

Янковская Ю.С. д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Ветеринарные науки:

Алиев А.С. д-р ветеринар. наук, проф., Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия);
Татарникова Н.А. д-р ветеринар. наук, проф., Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, Россия).

Медицинские науки:

Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

Исторические науки:

Меерович М.Г. д-р ист. наук, к. архитектуры, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия);
Бакулин В.И. д-р ист. наук, проф., Вятский государственный университет (Киров, Россия);
Бердинских В.А. д-р ист. наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Россия);
Лёвочкина Н.А. к. ист. наук, к. экон. наук, ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Блейх Н.О. д-р ист. наук, Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова (Владикавказ, Россия).

Культурология:

Куценков П.А. д-р культурологии, к. искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Искусствоведение:

Куценков П.А. д-р культурологии, к. искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Философские науки:

Петров М.А. д-р филос. наук, Института философии РАН (Москва, Россия);
Бессонов А.В. д-р филос. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Цыганков П.А. д-р филос. наук., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);
Лойко О.Т. д-р филос. наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия).

Юридические науки:

Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университет в г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ергашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

Сельскохозяйственные науки:

Важов В.М. д-р с.-х. наук, проф., Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина (Бийск, Россия);
Раков А.Ю. д-р с.-х. наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Михайловск, Россия);
Комлацкий В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

Социологические науки:

Замараева З.П. д-р социол. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия);
Солодова Г.С. д-р социол. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Кораблева Г.Б. д-р социол. наук, Уральский Федеральный Университет (Екатеринбург, Россия).

Химические науки:

Абдиев К.Ж. д-р хим. наук, проф., Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Мельдешов А. д-р хим. наук, Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия).

Науки о Земле:

Горяинов П.М. д-р геол.-минерал. наук, проф., Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Апатиты, Россия).

Экономические науки:

Лёвочкина Н.А. д-р экон. наук, к. ист. н., ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Ламоттке М.Н. к. экон. н., Нижегородский институт управления (Нижний Новгород, Россия);
Акбулаев Н. к. экон. н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан);
Кулиев О. к. экон. н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан).

Политические науки:

Завершинский К.Ф. д-р полит. наук, проф. Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Фармацевтические науки:

Тринеева О.В. к. фарм. н., Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия);
Кайшева Н.Ш. д-р фарм. наук, Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград, Россия);
Ерофеева Л.Н. д-р фарм. наук, проф., Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия);
Папанов С.И. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Петкова Е.Г. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия);
Ураков А.Л., д-р мед. наук, Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Гончарова А.Б., Данилова М.Ю., Колпак Е.П. МОДЕЛЬ ХИЩНИК-ЖЕРТВА НА ЛИНЕЙНОМ АРЕАЛЕ	6
---	---

Нейматов Н.А. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИЙ $f \in V_{p,\theta}^{<m+\alpha;N>}(G;s)$	15
---	----

Полищук С.В., Петров К.А. ОЦЕНКА ФРАКТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУР ПО МИКРОСКОПИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ.....	24
---	----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Журавлева С.В. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СОДЕРЖАЩИХ КАДМИЙ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ ПРИ ИХ УТИЛИЗАЦИИ В ДОМЕННОМ ПРОЦЕССЕ.....	29
---	----

Зайцев А.В. РАСЧЕТ РЕСУРСА СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ ПО КРИТЕРИЮ ПРЕДЕЛЬНОГО ИЗНОСА С УЧЕТОМ ПЕРЕМЕННОГО РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ.....	34
--	----

Преснов О.М., Мелихов В.П., Зайцев С.А., Сливина Д.М. ВОЗВЕДЕНИЕ СВАЙ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ	41
---	----

Мокряк А.Ю., Мокряк А.В., Акимов Р.Н. ВОЗМОЖНОСТИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ СЛЕДОВ БОЛЬШИХ ПЕРЕХОДНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В КОНТАКТНЫХ УЗЛАХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ...	44
--	----

Федоров С.А., Хромченко А.В. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ И СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЪЁМОЧНЫХ РАБОТ НА СООРУЖЕНИЯХ ЛИНЕЙНОГО ТИПА...50	
---	--

Шишков Е.М., Проничев А.В., Савельев А.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГРАФИКА ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ	56
---	----

АРХИТЕКТУРА / ARCHITECTURE

Вигурская А.Е., Аблязов Т.Х., Коршунов А.Ф. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ	61
---	----

Ткачев В.Н. ЭКСПРОМТ НА ТЕМУ ПРОБЛЕМ ОБРАЗОВАНИЯ	66
---	----

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / EARTH SCIENCES

Вдовенко А.В., Вдовенко В.А., Егоров П.И., Трофимов И.Ю., Эунап Р.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД.....	73
---	----

Ким Л.В., Назарова А.А. АНАЛИЗ ЗЕМЕЛЬ АГРАРНОГО СЕКТОРА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ	80
---	----

Липина Л.Н. УСТАНОВЛЕНИЕ ПУБЛИЧНЫХ СЕРВИТУТОВ ДЛЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СВОБОДНЕНСКОГО РАЙОНА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	84
---	----

Пещеров Ю.Г. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТАЯНИЯ ЛЬДОВ МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА	89
--	----

Семенов В.А. БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ АЛЮМИНИЯ И ЖЕЛЕЗА В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ХИБИНСКИХ И ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР.....	95
--	----

Солиман Х., Бурлов В.Г. ОЦЕНКА ПЛОЩАДОК СОЛНЕЧНЫХ ФЕРМ МЕТОДАМИ МКА И МАИ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГИС.....	103
---	-----

Абдулаев С.С., Эсхаджиева Х.Х. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	113
Андропова А.А., Вайс А.А., Калачев В.А., Ануев Е.А., Попова В.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО ТИПАМ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА.....	117
Башегуров К.А., Залесов С.В., Морозов А.Е., Попов А.С. НАКОПЛЕНИЕ ПОДРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ВЫРУБКАХ В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ	123
Гармашов В.М. КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРЯМОМ ПОСЕВЕ	128
Демьяненко А.И. К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ ЯИЦ.....	133
Кайзер Н.В., Сродных Т.Б. ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВЫХ ОБЩЕГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В Г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ	138
Корчагин И.Е., Морозов А.Е., Панин И.А., Осипенко Р.А. ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ НАСАЖДЕНИЙ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ ...	147
Костюченко В.В., Костюченко М.О., Астанин Д.М. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ	152
Руденко Р.А. ОБЗОР ПРОРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ	156
Сайфуллин Р.Р. ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ ПРИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	160
Симоненко Е.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ХРАНИМОУСТОЙЧИВОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОБИОТИЧЕСКОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА.....	163
Фефелова И.А., Залесов С.В., Сураев П.Н. ПОСЛЕДСТВИЯ РУБОК УХОДА В СОСНЯКАХ ЯГОДНИКОВОГО ТИПА ЛЕСА.....	169
Чалова Н.А., Плешков В.А. ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПОРОД СВИНЕЙ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ	175
Шабанова И.А., Тохтиева Л.Х., Цугкиева В.Б., Доев Д.Н., Датиева Б.А. ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН СВЕКЛЫ НА ОЦЕНКУ КАЧЕСТВА ПРЯНИКОВ.....	180

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.001>

МОДЕЛЬ ХИЩНИК-ЖЕРТВА НА ЛИНЕЙНОМ АРЕАЛЕ

Научная статья

Гончарова А.Б.^{1,*}, Данилова М.Ю.², Колпак Е.П.³^{1, 2, 3} Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (a.goncharova[at]spbu.ru)

Аннотация

Проводится исследование математической модели хищник-жертва Rosenzweig M.G. и MacArthur R.H. на отрезке прямой. Дан анализ стационарных решений, получены условия существования периодических по пространственной переменной решений. Приведены варианты возможных распределений численностей хищников и жертв на территории. Модель расширена для взаимодействия популяций в условиях антропогенного давления. В основе модели лежат статистические данные по загрязненной территории в окрестности медно-никелевого комбината. Дана оценка возможного уменьшения численности популяций хищника и жертвы в зависимости от степени загрязнения. С применением имитационного моделирования построены распределения хищников и жертв в зависимости от антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: математическое моделирование, устойчивость, загрязнение, популяция, хищник, жертва.

PREDATOR-PREY MODEL ON A LINEAR TERRITORY

Research article

Goncharova A.B.^{1,*}, Danilova M.Yu.², Kolpak E.P.³^{1, 2, 3} St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (a.goncharova[at]spbu.ru)

Abstract

The current article carries out a study of the Rosenzweig-MacArthur predator-prey model on a straight line segment. The authors provide an analysis of stationary solutions and obtain the conditions for the existence of periodic solutions in a spatial variable. The study provides variants of possible distributions of the numbers of predators and victims in the territory. The model is extended for the interaction of populations under anthropogenic pressure. It is also based on statistical data on the contaminated area in the vicinity of a copper-nickel plant. The research features an assessment of the possible decrease in the number of predator and prey populations depending on the degree of contamination. With the use of simulation modeling, the study constructs the distributions of predators and victims depending on the anthropogenic load.

Keywords: mathematical modeling, sustainability, pollution, population, predator, prey.

Введение

Развитие промышленного и сельскохозяйственного производства последние несколько столетий сопровождаются усилением антропогенного давления на природную среду. Вредные для всего живого вещества в виде тяжелых металлов и химических соединений выбрасываются различными предприятиями в окружающую среду, загрязняя обширные территории [1], [2], [3]. На освоенных человеком территориях изменяется флора и фауна, фрагментируется среда обитания, разрываются трофические цепи [4], [5], уменьшаются объемы трофических ресурсов.

Загрязняющие окружающую среду тяжелые металлы и химические соединения обладают способностью накапливаться в живых организмах, не разлагаются, способны длительное время циркулировать в биологических системах [6]. Циркуляция в экосистемах загрязняющих веществ приводит к постепенной деградации среды обитания, гибели или исчезновению живых организмов в пораженных загрязнителями зонах [7], [8]. В организмах животных и растений токсиканты вызывают нарушение многих биохимических функций в клетках организмов. Все это приводит к тяжелым поражениям жизненно важных органов и нервной системы, а также отрицательно влияет на наследственность [7], [8]. Накопленные у одних организмов вещества через трофические цепи поступают в другие организмы.

Математические модели взаимодействующих популяций в своем большинстве [9] не учитывают влияние на их динамику внешних факторов, вызванных антропогенным давлением. Одним из видов взаимодействия является хищник-жертва.

Математическая модель хищник-жертва

В первой математической модели хищник-жертва Вольтерра не учитывались ограниченность трофического ресурса жертвы и изобилие жертв для хищников [9]. В отсутствие хищника модель прогнозирует неограниченный рост численности жертвы. Вместе с этим скорость убыли жертвы в случае ее изобилия не должна значительно зависеть от ее численности, а должна зависеть только от численности хищника. Эти факторы учитываются в модели Rosenzweig M.G. и MacArthur R.H. [10], [11], [12]. Для случая взаимодействия хищников и жертв на прямой модель представлена системой дифференциальных уравнений в частных производных

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= D_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u(1-u) - \frac{uv}{1+\alpha u}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= D_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \gamma \left(-v + \beta \frac{uv}{1+\alpha u} \right),\end{aligned}\quad (1)$$

где u - линейная плотность жертв, v - линейная плотность хищников, α , β , γ - параметры, характеризующие скорости размножения и гибели хищников и жертв, D_u и D_v коэффициенты, характеризующие подвижность жертв и хищников на линейном ареале. Система уравнений (1) получена в [9] в предположениях, что удельная скорость размножения жертв равна единице и единичной емкости среды.

Слагаемое $u(1-u)$ в первом уравнении системы уравнений (1) - скорость роста численности популяции жертв в отсутствие хищников, а слагаемое $\frac{uv}{1+\alpha u}$ - скорость уничтожения жертв хищниками. Во втором уравнении слагаемое

γv - скорость естественной гибели хищников, а слагаемое $\gamma \beta \frac{uv}{1+\alpha u}$ - скорость роста популяции хищников за счет уничтожения ими жертв.

Общее количество хищников и жертв на отрезке длиной l подсчитывается по формулам

$$U(t) = \int_0^l u(t, x) dx, \quad V(t) = \int_0^l v(t, x) dx.$$

К системе уравнений (1) добавляются начальные условия

при $t=0$: $u = u_0(0, x)$, $v = v_0(t, x)$,

и граничные условия

$$\text{при } x=0 \text{ и } x=l: \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0. \quad (2)$$

Этот вариант предполагает свободное перемещение жертвы и хищника вдоль отрезка.

Стационарные состояния

Системе уравнений (1) с граничными условиями (2) удовлетворяет решение $u=0$, $v=0$. Малые возмущения этого решения δu и δv с точностью до величин второго порядка малости удовлетворяют уравнениям

$$\begin{aligned}\frac{\partial \delta u}{\partial t} &= D_u \frac{\partial^2 \delta u}{\partial x^2} + \delta u, \\ \frac{\partial \delta v}{\partial t} &= D_v \frac{\partial^2 \delta v}{\partial x^2} - \gamma \delta v.\end{aligned}\quad (3)$$

Решение этих уравнений, удовлетворяющее условиям (2), ищется в виде тригонометрических рядов

$$\begin{aligned}\delta u &= A_0(t) + \sum_{k=1}^{\infty} A_k(t) \cos k\pi \frac{x}{l}, \\ \delta v &= B_0(t) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k(t) \cos k\pi \frac{x}{l}.\end{aligned}\quad (4)$$

Коэффициенты $A_k(t)$ и $B_k(t)$ ($k=0,1,\dots$) должны удовлетворять уравнением

$$\begin{aligned}\frac{dA_k(t)}{dt} &= \left(1 - D_u \left(\frac{k\pi}{l} \right)^2 \right) A_k(t), \\ \frac{dB_k(t)}{dt} &= - \left(\gamma + D_v \left(\frac{k\pi}{l} \right)^2 \right) B_k(t).\end{aligned}$$

При любом малом начальном положительном возмущении $\delta u = \delta u_0(t=0, x)$ и $\delta v = \delta v_0(t=0, x)$ тривиального решения системы уравнений (3) $A_0(t)$ будет возрастающей функцией времени, функции $A_k(t)$ ($k=1, \dots$) могут быть как возрастающими, так и убывающими. Функции $B_k(t)$ при любых $k=0, 1, \dots$ будут убывающими функциями. То есть решение $u=0, v=0$ будет неустойчивым – численность жертвы будет увеличиваться.

В окрестности стационарного решения $u=1, v=0$ система уравнений для возмущений приводится к виду

$$\begin{aligned}\frac{\partial \delta u}{\partial t} &= D_u \frac{\partial^2 \delta u}{\partial x^2} - \delta u - \frac{\delta v}{1+\alpha}, \\ \frac{\partial \delta v}{\partial t} &= D_v \frac{\partial^2 \delta v}{\partial x^2} + \gamma \left(-1 + \beta \frac{1}{1+\alpha} \right) \delta v.\end{aligned}\quad (5)$$

В этом случае коэффициенты $A_k(t)$ и $B_k(t)$ разложения (4) должны удовлетворять уравнениям

$$\begin{aligned}\frac{dA_k(t)}{dt} &= - \left(1 + D_u \left(\frac{k\pi}{l} \right)^2 \right) A_k(t) - \frac{1}{1+\alpha} B_k(t), \\ \frac{dB_k(t)}{dt} &= - \left(\gamma - \gamma\beta \frac{1}{1+\alpha} + D_v \left(\frac{k\pi}{l} \right)^2 \right) B_k(t).\end{aligned}$$

При выполнении неравенства $\beta < 1 + \alpha$ все функции $B_k(t)$ и $A_k(t)$ при любых $k=0, 1, \dots$ будут убывающими функциями времени, а при нарушении этого неравенства возрастающей функцией будет функция $B_0(t)$ – то есть это стационарное состояние в этом случае будет неустойчивым.

Неравенство $\beta < 1 + \alpha$ соответствует малому «поеданию» [9] жертвы хищником (большие значения параметра α) или медленной «переработке» жертвы хищником (малые значения параметра β).

При выполнении неравенства $\beta > 1 + \alpha$ возрастающими будут те $B_k(t)$, для которых выполняется неравенства

$$\gamma \left(\beta \frac{1}{1+\alpha} - 1 \right) > D_v \left(\frac{k\pi}{l} \right)^2 \quad k=1, 2, \dots, m.$$

В этом случае, как следует из системы уравнений (5), распространение хищника на территории может сопровождаться образованием неоднородного распределения его численности на отрезке.

Нетривиальное стационарное решение, на котором $0 < u$ и $0 < v$ находится из системы алгебраических уравнений

$$\begin{aligned}1 - u - \frac{v}{1+\alpha} &= 0, \\ \beta \frac{u}{1+\alpha} - 1 &= 0.\end{aligned}$$

Решением этой системы уравнений являются

$$u = \frac{1}{\beta - \alpha}, \quad v = \beta \frac{\beta - \alpha - 1}{\beta - \alpha}.$$

Физический смысл это решение имеет при выполнении неравенства $\beta > 1 + \alpha$. То есть скорость переработки хищником жертвы должна быть значительно больше, чем удельная скорость его гибели.

Малые возмущения $\delta u = \delta u_0(t=0, x)$ $\delta v = \delta v_0(t=0, x)$ этого положения равновесия с точностью до величин второго порядка малости удовлетворяют уравнениям

$$\begin{aligned}\frac{\partial \delta u}{\partial t} &= D_u \frac{\partial^2 \delta u}{\partial x^2} + a_{11} \delta u - a_{12} \delta v, \\ \frac{\partial \delta v}{\partial t} &= D_v \frac{\partial^2 \delta v}{\partial x^2} + a_{21} \delta u,\end{aligned}\quad (6)$$

где

$$a_{11} = u \left(-1 + \frac{\alpha v}{1 + \alpha u} \right), \quad a_{12} = \frac{u}{1 + \alpha u}, \quad a_{21} = \gamma v \beta \frac{1}{1 + \alpha u}.$$

Поиск решения системы уравнений (6) в виде тригонометрических рядов (4) приводит к системе уравнений $k = 0, 1, 2, \dots$

$$\begin{aligned} \frac{dA_k(t)}{dt} &= -a_{11} + D_u \mu_k^2 A_k(t) - a_{12} B_k(t), \\ \frac{dB_k(t)}{dt} &= a_{21} A_k(t) - D_v \mu_k^2 B_k(t), \end{aligned} \quad (7)$$

где $\mu_k = \frac{k\pi}{l}$.

Характеристический полином матрицы Якоби правой части уравнений (7).

$$\lambda^2 + \lambda (\mu_k^2 D_v + D_u - a_{11}) + a_{12} a_{21} + \mu_k^2 D_v \mu_k^2 D_u - a_{11} = 0$$

при выполнении неравенства $a_{11} < 0$ будет иметь корни с отрицательной вещественной частью для $k = 0, 1, 2, \dots$. Соответственно неравенство $a_{11} < 0$ обеспечивает устойчивость этого решения. Если при некоторых значениях a_{11} , a_{12} , a_{21} , D_u , D_v и μ_k ($k = 2, 3, \dots$) будет выполняться равенство

$$a_{12} a_{21} + \mu_k^2 D_v \mu_k^2 D_u - a_{11} = 0,$$

то система уравнений (6) может содержать периодические по пространственной переменной решения.

Численное решение

Построение численного решения системы уравнений (1) с граничными условиями

при $x = 0$: $u = 0$, $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$,

при $x = l$: $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial v}{\partial x}$

осуществлялось с применением конечно-разностного метода.

Решение в виде зависимостей $u = u(t, x)$ в моменты времени $t = 15$ и $t = 30$ приведено на рис. 1, а для зависимости $v = v(t, x)$ - на рис. 2. Изменение во времени общего количества жертв ($U(t)$) и хищников ($V(t)$) приведено на рис. 3. Зависимости приведены при значениях параметров $\alpha = 3$, $\beta = 6.5$, $\gamma = 2$, $D_u = 0.0001$, $D_v = 0.001$. Подвижность жертв (D_u) принята значительно меньшей, чем подвижность хищников (D_v). Решение строилось на пространственной сетке с 500 отрезками разбиения. При увеличении числа отрезков разбиения до 1 000 результаты отличались не более чем на 1.5% в максимальных отклонениях.

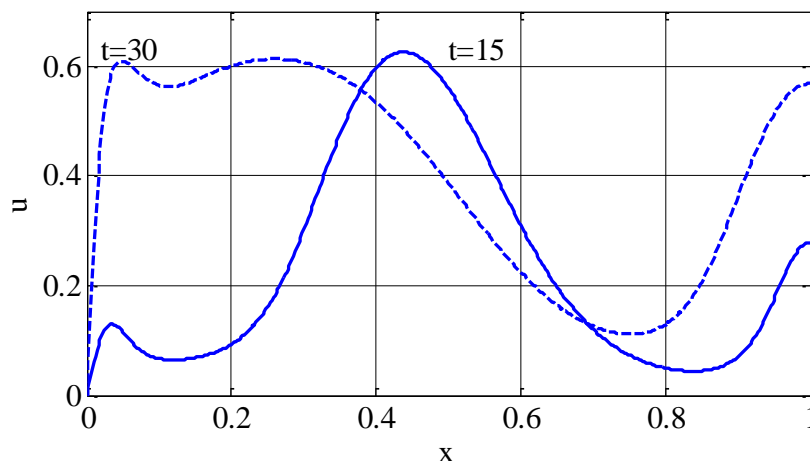


Рис. 1 – Распределение плотности численности жертвы в моменты времени $t = 15$ и $t = 30$

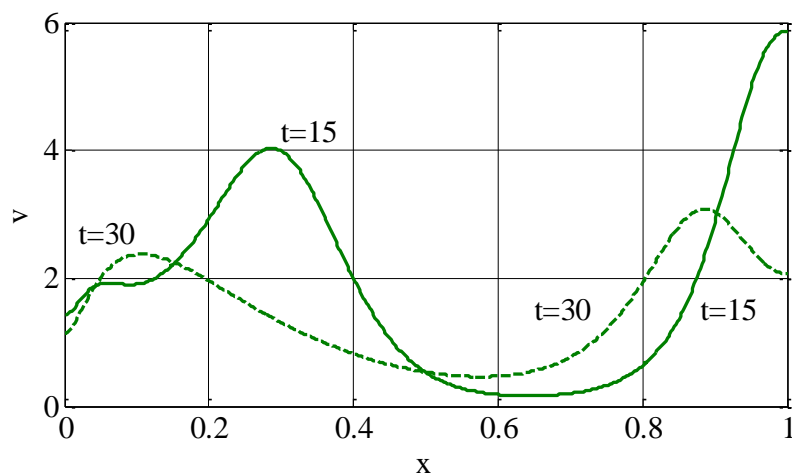
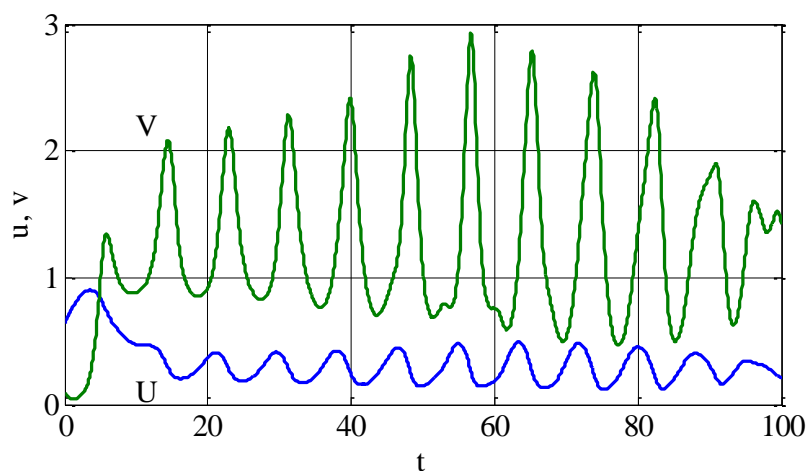
Рис. 2 – Распределение плотности численности хищника в моменты времени $t = 15$ и $t = 30$ 

Рис. 3 – Изменение общего количества жертв и хищников во времени

Антропогенное давление

От источников загрязнения загрязняющие вещества распространяются на значительные расстояния. Наибольшее их количество выпадает в окрестности источников [13], [14]. Совокупный вынос загрязнителей при условии прекращения новых поступлений из антропогенных источников может длиться несколько десятилетий, а период естественного самоочищения водных и наземных экосистем от загрязняющих веществ оценивается в сотни лет. Один из вариантов распределения тяжелых металлов в окрестности Мончегорского (Мурманская область) медно-никелевого комбината приведен на рис. 4 в виде зависимости концентрации меди (Cu) и никеля (Ni) на почве (гр металлов в кг почвы) в зависимости от расстояния до комбината [13]. Символами «o» и «*» отмечены статистические данные полевых наблюдений. Как следует из анализа этих данных они аппроксимируются экспоненциальными зависимостями $f(x) = f_0 e^{-\mu x}$ (на рис. 4 сплошные линии) с показателям $\mu = 0.1$ как для Cu , так и для Ni . Эти показатели могут изменяться в зависимости от направления распространения металлов от источника загрязнения.

Накопление металлов в организмах животных и растениях пропорционально количеству металлов в окружающей среде [15]. Поглощенное живыми организмами количество загрязнителей убывает против градиента концентрации загрязнителей.

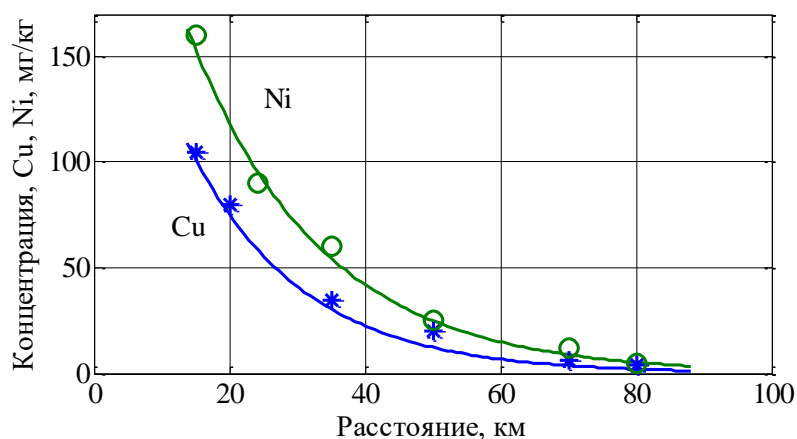


Рис. 4 – Распределение концентрации меди и никеля в почве в зависимости от расстояния от комбината

Таким образом, накопление металлов организмами сопровождается изменением рождаемости, а накопление на территории обитания приводит к уменьшению трофической емкости среды [9]. Учитывая характер изменения концентраций металлов (рис. 4) принимается, что и накопление металлов в организмах уменьшается по экспоненциальной зависимости при удалении от точки выброса, а емкость среды увеличивается. Таким образом, наименьшая рождаемость жертв около точки выброса, и возрастает на удалении от источника выбросов по экспоненциальной зависимости. Накоплением металлов хищниками пренебрегается. С учетом этих предположений модель антропогенного давления на систему хищник-жертва представлена (с учетом (1)) системой уравнений

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= D_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u e^{-\mu_1(l-x)} - u e^{\mu_2(l-x)} - \frac{uv}{1+\alpha u}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= D_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \gamma \left(-v + \beta \frac{uv}{1+\alpha u} \right),\end{aligned}\quad (8)$$

где μ_1 - параметр, характеризующий изменение рождаемости, а μ_2 - емкости среды.

К системе уравнений (8) добавляются граничные условия

$$\text{при } x=0: u=0, \quad \frac{\partial v}{\partial x}=0,$$

$$\text{при } x=l: \frac{\partial u}{\partial x}=0, \quad \frac{\partial v}{\partial x}=0,$$

которые предполагают, что в точке $x=0$ максимальная концентрация загрязнителей, при которой жертва жить не может. Хищник в поисках жертвы может находиться в любой точке отрезка.

В качестве начальных условий принимается, что жертва распределена по отрезку по закону синуса:

$$u(t=0, x) = \sin\left(\frac{\pi x}{2l}\right),$$

а хищник отсутствует на территории и появляется в точке $x=0$:

$$v(t=0, x=0) = 1 \text{ и } v(t=0, x>0) = 0.$$

На рис. 5 приведено распределение жертвы на отрезке в момент времени $t=30$ для случая параметров $\alpha=3$, $\beta=6.5$, $\gamma=2$, $D_u=0.0001$, $D_v=0.001$, $\mu_1=0.5$, $\mu_2=1$ (пунктирная линия), а на рис. 6 – распределение хищника (пунктирная линия, «антропогенное»). Сплошные линии на рис. 5 и рис. 6 соответствуют распределению жертвы и хищника для случая $\mu_1=0$ и $\mu_2=0$ («чистая среда»). Построение численного решения системы уравнений (8) осуществлялось с применением метода сеток.

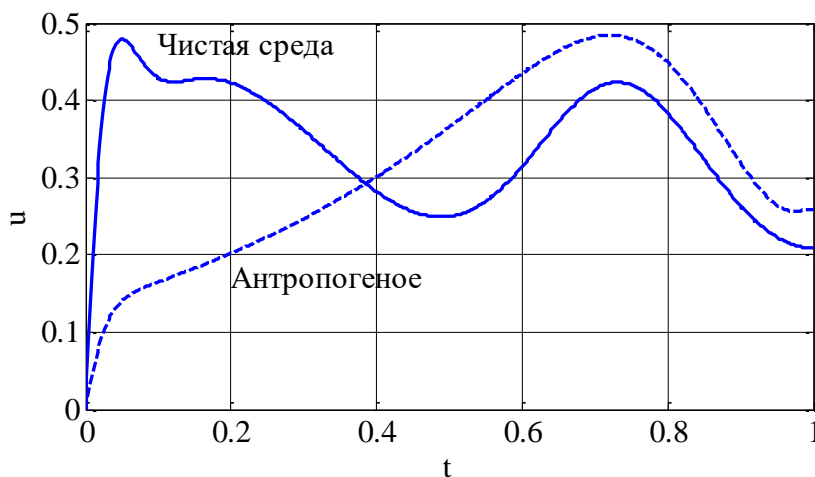


Рис. 5 – Распределение жертвы на отрезке на загрязненной территории («антропогенное») и на не загрязненной территории («чистая среда») в момент времени $t=30$

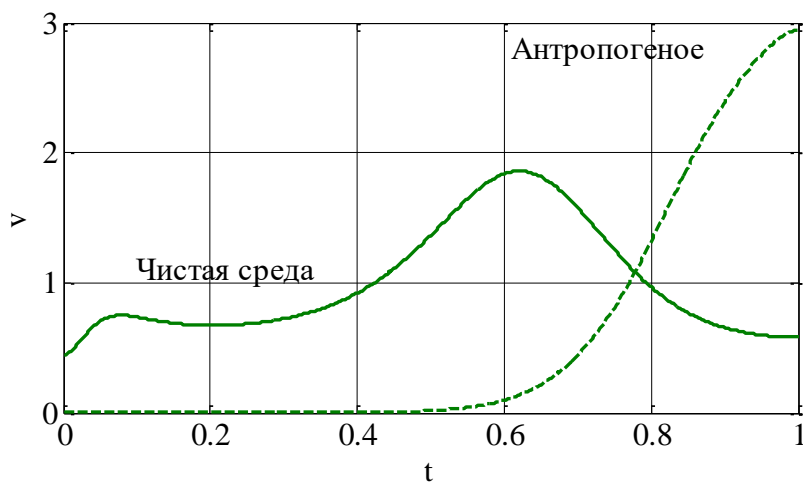


Рис. 6 – Распределение хищника на отрезке на загрязненной территории («антропогенное») и на не загрязненной территории («чистая среда») в момент времени $t = 30$

Как следует из этих результатов хищник «уходит» на значительные расстояния от источника загрязнения (рис. 6) в отличие от жертвы (рис. 5).

Имитационная модель

Имитационное моделирование распределения общего количества хищников и жертв на отрезке при различных уровнях загрязнения осуществляется путем случайного выбора параметров μ_1 и μ_2 из заданного диапазона. Расчет для N комбинаций μ_1 и μ_2 позволяет оценить распределение численности хищников и жертв при антропогенном давлении.

На рис. 7 приведено стационарное распределение общего количества жертв, а на рис. 8 – хищников для 1 000 вариантов случайного выбора $\mu_1 \in (0.1, 1)$ и $\mu_2 \in (0, 2)$. Вертикальными пунктирными линиями отмечены стационарные численности в отсутствие загрязнения. При выбранном наборе изменения антропогенной нагрузки среднее значение хищников на отрезке уменьшается в четыре раза, а жертв – в три раза.

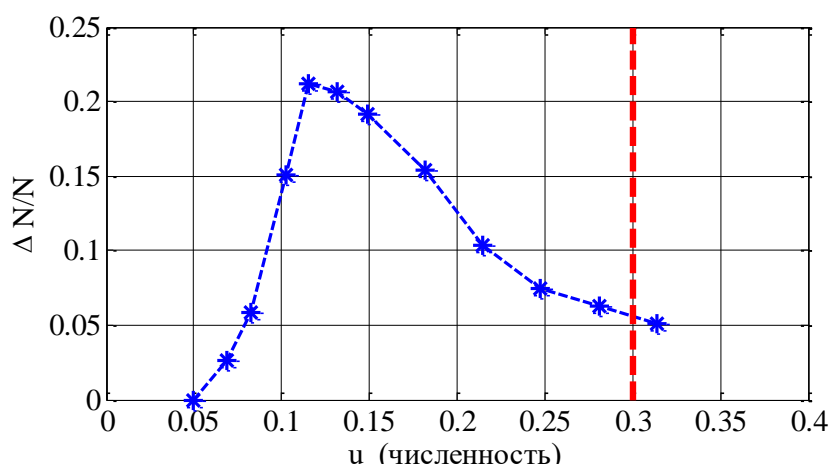


Рис. 7 – Распределение общего количества численности жертв на единичном отрезке для 1000 вариантов случайного выбора параметров μ_1 и μ_2

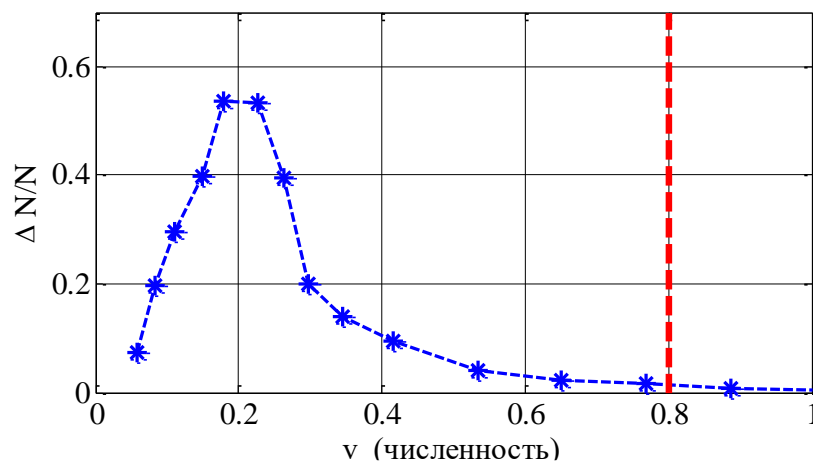


Рис. 8 – Распределение общего количества численности хищников на единичном отрезке для 1000 вариантов случайного выбора параметров μ_1 и μ_2

Как следует из рис. 7 и рис. 8 общая численность жертв и хищников на отрезке при антропогенном давлении уменьшается по сравнению с общим их количеством в «чистой» среде. При этом происходит сдвиг численности в зоны с меньшей антропогенной нагрузкой.

Заключение

Модель динамического взаимодействия хищника и жертвы прогнозирует неоднородное распределение особей на территории с возможным возникновением периодических по пространству структур. Антропогенное давление, вызывающее изменение внутреннего метаболизма особей и уменьшающее емкость среды, вызывает уменьшение общей численности и хищников и жертв. Наибольшие потери может понести хищник.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Касиков А. Г. Пылевые выбросы медно-никелевого производства и последствия их воздействия на организм человека в условиях крайнего севера / А. Г. Касиков // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2017. – 4(10). – С. 58-63.
2. Девяткин П.Н. Природные водные ресурсы района г. Мончегорск в условиях функционирования ОАО "Кольская горно-металлургическая компания" / П.Н. Девяткин // Вестник МГТУ. – 2008. – Т. 11. – №3. – С. 393-397.
3. Кин Н.О. Растительные сообщества в зоне промышленной разработки газа и аккумуляция ими тяжелых металлов / Н.О. Кин // Экология. – 2008. – № 4. – С. 269-275.
4. Пегов А.С. Антропогенное воздействие на биосферу / А.С. Пегов // Труды ИСА РАН. – 2009. – Т. 42. – С. 5-32.
5. Ярмишко В. Т. Многолетний импактный мониторинг состояния сосновых лесов в центральной части Кольского полуострова / В. Т. Ярмишко, О. В. Игнатьева // Известия РАН. Серия биологическая. – 2019. – № 6. – С. 658–668. DOI: 10.1134/S0002332919060134.
6. Кашулина Г. М. Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами в окрестностях медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове / Г. М. Кашулина // Почвоведение. – 2018. – № 4. – С. 493–505.
7. Моисеенко Т. И. Биодоступность и экотоксичность металлов в водных системах: критические уровни загрязнения / Т. И. Моисеенко // Геохимия. – 2019. – Т. 64. – № 7. – С. 675–688. DOI: 10.31857/S0016-7525647675-688.
8. Мухачева С. В. Химическое загрязнение среды: тяжелые металлы в пище мелких млекопитающих / С. В. Мухачева, В. С. Безель // Зоологический журнал. – 2007. – Т. 86. – № 4. – С.492-498.
9. Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций / А.Д. Базыкин. – Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003. 368 с.
10. Rosenzweig M.G. Graphical representation and stability conditions of predator-prey interactions / M.G. Rosenzweig, R.H. MacArthur // Amer. Natur. – 1963. – V. 97. – P. 209-223.
11. Цибулин В. Г. Нелинейная динамика системы хищник–жертва на неоднородном ареале и сценарии локального взаимодействия видов / В. Г. Цибулин, Т. Д. Ха, П. А. Зеленчук // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2021. – Т. 29. – № 5. – С. 751–764. DOI: 10.18500/0869-6632-2021-29-5-751-764.
12. Абрамова Е.П. Динамические режимы стохастической модели «хищник – жертва» с учетом конкуренции и насыщения / Е.П. Абрамова, Т.В. Рязанова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2019. – Т. 11. – № 3. – С. 515–531. DOI: 10.20537/2076-7633-2019-11-3-515-531.
13. Опекунова М.Г. Мониторинг изменения окружающей среды в зоне воздействия комбината «Североникель». II Миграция и аккумуляция химических элементов в почвах / М.Г. Опекунова, Е.Ю. Елсукова, В.А. Чекушин и др. // Вестник СПбГУ. Сер. 7. – 2006. – Вып. 3. – С. 39-49.
14. Елсукова Е.Ю. Техногенная трансформация потоков тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия медно-никелевого производства / Е.Ю. Елсукова, М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 12-1 (90). – С. 118-124. DOI: 10.23670/IRJ.2019.90.12.024.
15. Ивантер Э. В. Влияние техногенных загрязнений на популяции мелких лесных грызунов / Э. В. Ивантер, Н. В. Медведев // Доклады академии наук. – 2015. – Т. 464. – № 6. – С. 758–761. DOI: 10.7868/S0869565215300271.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kasikov A. G. Pylevye vybrosy medno-nikelevogo proizvodstva i posledstviya ikh vozdejjstvija na organizm cheloveka v uslovijakh krajnjego severa [Dust emissions of copper-nickel production and the consequences of their impact on the human body in the conditions of the Far North] / A. G. Kasikov // Vestnik Kol'skogo nauchnogo centra RAN. [Bulletin of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. – 2017. –4(10). –pp. 58-63 [in Russian]
2. Devyatkin P.N. Prirodnye vodnye resursy rajjona g. Monchegorsk v uslovijakh funkcionirovaniya OAO "Kol'skaja gorno-metallurgicheskaja kompanija" [Natural water resources of the district of Monchegorsk in the conditions of functioning of JSC "Kolskaya Mining and Metallurgical Company"] / P. N. Devyatkin // Vestnik MGTU [Bulletin of the Moscow State Technical University]. – 2008. – Vol. 11. –No. 3. – pp. 393-397 [in Russian]
3. Kin N.O. Rastitel'nye soobshhestva v zone promyshlennoj razrabotki gaza i akumuljacija imi tjazhelykh metallov [Plant communities in the zone of industrial gas development and their accumulation of heavy metals] / N. O. Kin // Ekologiya [Ecology]. –2008. –No. 4. –pp. 269-275 [in Russian]
4. Pegov A.S. Antropogennoe vozdejjstvie na biosferu [Anthropogenic impact on the biosphere] / A. S. Pegov // Trudy ISA RAN [Proceeding of the Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Science]. – 2009. –Vol. 42. –pp. 5-32 [in Russian]
5. Yarmishko V. T. Mnogoletnij impaktnijj monitoring sostojanija osnovnykh lesov v central'noj chasti Kol'skogo poluostrova [Long-term impact monitoring of pine forests in the central part of the Kola Peninsula] / V. T. Yarmishko,

- O. V. Ignatyeva // Izvestija RAN. Serija biologicheskaja [News of the Russian Academy of Sciences. The series is biological]. – 2019. -No. 6. -pp. 658-668. DOI: 10.1134/S0002332919060134 [in Russian]
6. Kashulina G. M. Monitoring zagryaznenija pochv tjazhelymi metallami v okrestnostjakh medno-nikelevogo predpriyatija na Kol'skom poluostrove [Monitoring of soil pollution by heavy metals in the vicinity of a copper-nickel enterprise on the Kola Peninsula] / G. M. Kashulina // Pochvovedenie [Soil Science]. -2018. -No. 4. -pp. 493-505 [in Russian]
7. Moiseenko T. I. Biodostupnost' i ehkotoksichnost' metallov v vodnykh sistemakh: kriticheskie urovni zagryaznenija [Bioavailability and ecotoxicity of metals in water systems: critical pollution levels] / T. I. Moiseenko // Geokhimiya [Geochemistry]. – 2019. Vol. 64. No. 7. pp. 675-688. DOI: 10.31857/S0016-7525647675-688 [in Russian]----
8. Mukhacheva S.V. Bezel V.S. Khimicheskoe zagryaznenie sredy: tjazhelye metally v pishhe melkikh mlekoopitajushchikh [Chemical pollution of the environment: heavy metals in the food of small mammals] / S. V. Mukhacheva, V. S. Bezel // Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal]. 2007. Vol. 86. No. 4. pp.492-498 [in Russian]
9. Bazykin A.D. Nelineijnaja dinamika vzaimodejstvujushchikh populacij [Nonlinear dynamics of interacting populations] / A. D. Bazykin. - Moscow-Izhevsk, Institute of Computer Research, 2003. 368 p. [in Russian]
10. Rosenzweig M.G., MacArthur R.H. Graphical representation and stability conditions of predator-prey interactions // Amer. Natur. - 1963. - V. 97. - № 893. - P. 209-223. [in Russian]
11. Tsybulin V. G. Nelineijnaja dinamika sistemy khishhnik–zhertva na neodnorodnom areale i scenarij lokal'nogo vzaimodejstvija vidov [Nonlinear dynamics of the predator-prey system on an inhomogeneous area and scenarios of local interaction of species] / V. G. Tsybulin, T. D. Kha, P. A. Zelenchuk // Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Prikladnaja nelineijnaja dinamika [Izvestia of Higher educational institutions. Applied nonlinear dynamics]. - 2021. -Vol. 29. -No. 5. - pp. 751-764. DOI: 10.18500/0869-6632-2021-29-5-751-764 [in Russian]
12. Abramova E.P. Dinamicheskie rezhimy stokhasticheskij modeli «khishhnik – zhertva» s uchetom konkurencii i nasyshhenija [Dynamic modes of the stochastic predator - prey model taking into account competition and saturation] / E. P. Abramova, T. V. Ryazanova // Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie [Computer research and modeling]. – 2019. -Vol. 11. -No. 3. -pp. 515-531. DOI: 10.20537/2076-7633-2019-11-3-515-531 [in Russian]
13. Opekunova M.G. Monitoring izmenenija okruzhajushhej sredy v zone vozdejstvija kombinata «Severonikel». II Migracija i akumuljacija khimicheskikh ehlementov v pochvakh [Monitoring of environmental changes in the impact zone of the Severonikel Plant. II Migration and accumulation of chemical elements in soils] / M. G. Opekunova, E. Yu. Yelsukova, V. A. Chekushin, et al. // Vestnik SPbGU [Vestnik Of Saint Petersburg University. Series 7]. -2006. -Issue 3. - pp. 39-49 [in Russian]
14. Yelsukova E.Yu. Tekhnogennaja transformacija potokov tjazhelykh metallov v pochvakh v zone vozdejstvija medno-nikelevogo proizvodstva [Technogenic transformation of heavy metal flows in soils in the zone of impact of copper-nickel production] / E. Yu. Yelsukova, M. G. Opekunova, A. Yu. Opekunov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal] – 2019. -No. 12-1 (90). -pp. 118-124. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.90.12.024> [in Russian]
15. Ivanter E. V. Vlijanie tekhnogennykh zagryaznenij na populjacii melkikh lesnykh gryzunov [Influence of technogenic pollution on populations of small forest rodents] / E. V. Ivanter, N. V. Medvedev // Doklady akademii nauk [Proceedings of the Academy of Sciences], -2015. - Vol. 464. -No. 6. -pp. 758-761. DOI: 10.7868/S0869565215300271 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.002>**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИЙ** $f \in V_{p,\theta}^{<m+\alpha;N>}(G;s)$

Научная статья

Нейматов Н.А.*

Гянджинский Государственный Университет, Гянджа, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (nnematov[at]yandex.ru)

Аннотация

Первое интегральное представление функций многих переменных, определенных в областях (звездных, относительно точкам некоторого шара) $G \subset E_n$ принадлежит академику С.Л.Соболеву. С.Л.Соболевым разработан метод интегральных представлений функций из построенных им же известных функциональных пространств $W_p^r(G)$ и доказаны основные теоремы вложения этих пространств, с дальнейшими приложениями в теорию дифференциальных уравнений в частных производных.

Дальнейшее развитие метода интегральных представлений теории пространств дифференцируемых функций многих переменных связано с именем В.П.Ильина. Он доказал принципиально новое интегральное представление функций многих переменных в любой точке $x \in E_n$.

В работе исследуются «весовые» пространства функций $f = f(x)$, точек $x = (x_1, \dots, x_s) \in E_n$ ($1 \leq s \leq n$) многих пачек переменных $x_k = (x_{k,1}, \dots, x_{k,n_k}) \in E_{n_k}$ ($k = 1, 2, \dots, s$), определенных в области $G \subset E_n = E_{n_1} \times \dots \times E_{n_s}$ ($n = n_1 + \dots + n_s$), удовлетворяющих условию «меняющейся $\Psi(x, h)$ -полурога». Эти построенные «весовые» пространства типа обобщенных B -пространств зависит от параметра s ($1 \leq s \leq n = n_1 + \dots + n_s$), которые в случае $s = 1$ обобщают известных «весовых» пространств $B_p^{\eta, \dots, \eta_n}(G, \rho^\alpha)$ - О.В.Бесова, а в случае $s = n$, обобщают известных пространств $S_{p,0}^r B(G, \rho^\alpha)$ функций с доминирующей смещенной производной, в случае степенных «весов» приведенных в работах А.Дж.Джабраилова.

А.Д.Джабраиловым доказаны новые интегральные представления функций многих переменных, с помощью которых ему удалось построить общую теорию пространств функций, с доминирующей смешанной производной $S_p^r W(G)$ и $S_{p,\theta}^r B(G)$, с дальнейшей разработкой метода интегральных представлений в теории теоремы вложения этих пространств.

Строится новое функциональное пространство и методом интегральных представлений [1], на основе нового интегрального представления гладких функций в точках $x \in E_n$.

Ключевые слова: пространства, весь, вектор, полурога, полунорма.

DIFFERENTIAL PROPERTIES OF THE FUNCTIONS $f \in V_{p,\theta}^{<m+\alpha;N>}(G;s)$

Research article

Neymatov N.A.*

Ganja State University, Ganja, Azerbaijan

* Corresponding author (nnematov[at]yandex.ru)

Abstract

The first integral representation of the functions of many variables defined in the regions (star regions relative to the points of a given ball) $G \subset E_n$ belongs to academician S.L. Sobolev. S.L.Sobolev developed a method of integral representations of functions from well-known functional spaces constructed by him $W_p^r(G)$ and proved the basic theorems of embedding these spaces with further applications to the theory of partial differential equations.

Further development of the method of integral representations of the theory of spaces of differentiable functions of many variables is associated with the name of V.P. Ilyin. He proved a fundamentally new integral representation of functions of many variables at any point $x \in E_n$.

The study investigates the "weight" spaces of functions $f = f(x)$, points of $x = (x_1, \dots, x_s) \in E_n$ ($1 \leq s \leq n$) many bundles of variables $x_k = (x_{k,1}, \dots, x_{k,n_k}) \in E_{n_k}$ ($k = 1, 2, \dots, s$) defined in the domain $G \subset E_n = E_{n_1} \times \dots \times E_{n_s}$ ($n = n_1 + \dots + n_s$) satisfying the condition "variable $\Psi(x, h)$ -semihorn". These constructed "weight" spaces of the type of generalized B -spaces depend on the parameter s ($1 \leq s \leq n = n_1 + \dots + n_s$), which in the case $s = 1$ generalize the known "weight" spaces $B_p^{\eta, \dots, \eta_n}(G, \rho^\alpha)$ -O.V.Besov, and in the case $s = 1$, generalize the known spaces of $S_{p,0}^r B(G, \rho^\alpha)$ functions with a dominant shifted derivative, in the case of power "weights" given in the works of A.J.Dzhabrailov.

A.D.Dzhabrailov proved new integral representations of functions of many variables, with the help of which he managed to build a general theory of spaces of functions with a dominant mixed derivative $S_p^r W(G)$ and $S_{p,\theta}^r B(G)$, with further development of the method of integral representations in the theory of the embedding theorem of these spaces.

A new functional space is also constructed by the method of integral representations [1] based on a new integral representation of smooth functions at points $x \in E_n$.

Keywords: spaces, whole, vector, semihorns, seminorm.

Пусть задана тройка векторов

$$m = (m_1, \dots, m_s), \alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_s), N = (N_1, \dots, N_s) \quad (1)$$

с координатами-векторами $m_k = (m_{k,1}, \dots, m_{k,n_k})$, $\alpha_k = (\alpha_{k,1}, \dots, \alpha_{k,n_k})$, $N_k = (N_{k,1}, \dots, N_{k,n_k})$ ($k = 1, 2, \dots, s$) соответственно, при этом предполагаем, что векторы $m = (m_1, \dots, m_s)$, $N = (N_1, \dots, N_s)$ являются «целочисленными и неотрицательными», т.е. $m_{k,j} \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, n_k$), $N_{k,j} \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, n_k$) -целые, при всех $k = 1, 2, \dots, s$, а вектор $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_s)$ является «неотрицательными», т.е. $\alpha_{k,j} \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, n_k$) при всех $k = 1, 2, \dots, s$.

Полагаем, что носители координат-векторов $\alpha_k = (\alpha_{k,1}, \dots, \alpha_{k,n_k})$, $N_k = (N_{k,1}, \dots, N_{k,n_k})$ совпадают, т.е.

$$\varepsilon_k = \text{supp } \alpha_k = \text{supp } N_k \subset \{1, 2, \dots, n_k\} \quad (2)$$

при всех $k = 1, 2, \dots, s$. Это означает, что множество вторых индексов, отличных от нуля координат следующих векторов

$$\begin{cases} \alpha_k = (\alpha_{k,1}, \dots, \alpha_{k,n_k}) \\ N_k = (N_{k,1}, \dots, N_{k,n_k}) \end{cases}$$

совпадают при всех $k = 1, 2, \dots, s$, при этом положим, что

$$0 < \alpha_{k,j} < N_{k,j} \quad (j \in \varepsilon_k) \quad (k = 1, 2, \dots, s) \quad (2^*)$$

Полагается, что вектор

$$m + \alpha = (m_1 + \alpha_1, \dots, m_s + \alpha_s) \quad (3)$$

с координатами-векторами

$$m_k + \alpha_k = (m_{k,1} + \alpha_{k,1}, \dots, m_{k,n_k} + \alpha_{k,n_k}) \quad (k = 1, 2, \dots, s), \quad (4)$$

является «положительным», т.е. носители векторов-координат (4)

$$\text{supp}(m_k + \alpha_k) = \{1, 2, \dots, n_k\} \quad (5)$$

при всех $k = 1, 2, \dots, s$, точнее

$$m_{k,j} + \alpha_{k,j} > 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n_k) \quad (6)$$

при всех $k = 1, 2, \dots, s$.

Пусть множество

$$Q = \{i = (i_1, \dots, i_s); i_k \in \{0, 1, \dots, n_k\} \quad (k = 1, 2, \dots, s)\} \quad (7)$$

является множеством всевозможных векторов $i = (i_1, \dots, i_s)$ с координатами $i_k \in \{0, 1, \dots, n_k\}$ ($k = 1, 2, \dots, s$). Очевидно, что количество векторов множества Q равно

$$|Q| = \prod_{k=1}^s (1 + n_k), \quad (8)$$

следовательно

$$(n+1) \leq |Q| \leq 2^n \quad (9)$$

при $1 \leq s \leq n$, при этом

$$|Q| = n+1 \quad (10)$$

при $s=1$,

$$|Q| = 2^n \quad (11)$$

при $s=n$.

Заданной тройке векторов (1)-(6) ставится в соответствие (с помощью множества Q) набор новых векторов

$$\left. \begin{aligned} m^i &= (m_1^{i_1}, \dots, m_s^{i_s}), \\ \alpha^i &= (\alpha_1^{i_1}, \dots, \alpha_s^{i_s}), \\ N^i &= (N_1^{i_1}, \dots, N_s^{i_s}) \end{aligned} \right\} (i = (i_1, \dots, i_s) \in Q) \quad (12)$$

с координатами-векторами

$$\left. \begin{aligned} m_k^{i_k} &= (0, \dots, 0, m_{k,i_k}, 0, \dots, 0), \\ \alpha_k^{i_k} &= (0, \dots, 0, \alpha_{k,i_k}, 0, \dots, 0), \\ N_k^{i_k} &= (0, \dots, 0, N_{k,i_k}, 0, \dots, 0) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

при $i_k \neq 0$, т.е. при $i_k \in \{1, 2, \dots, n_k\}$,

$$\left. \begin{aligned} m_k^0 &= (0, \dots, 0), \\ \alpha_k^0 &= (0, \dots, 0), \\ N_k^0 &= (0, \dots, 0) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

при $i_k = 0$, для всех $k=1, 2, \dots, s$, при каждом $i = (i_1, \dots, i_s) \in Q$.

Пространством

$$L_p(G) = \{f = f(x); \|f\|_{p,G} < \infty\} \quad (15)$$

называется множество, всех измеримых в области $G \subset E_n$, функций $f=f(x)$, для которых конечна норма

$$\|f\|_{p,G} = \left(\int_G |f(x)|^p dx \right)^{\frac{1}{p}} \quad (16)$$

при $1 \leq p < \infty$,

$$\|f\|_{\infty,G} = \text{vrai sup}_{x \in G} |f(x)| \quad (17)$$

при $p = \infty$.

Вводим полунорму

$$\|f\|_{\Lambda_{p,\theta}^{<m^i+\alpha^i;N^i>}(G,s)} = \left\{ \int_{E_{|e_*^i|}} \left\| \frac{\Delta^{N_i}\left(\frac{t}{N^i};G\right) \mathcal{D}^{m^i} f(\cdot)}{\prod_{k \in e_*^i} |t_{k,i_k}|^{\alpha_{k,i_k}}} \right\|_{p,G} \frac{dt}{t} \right\} \quad (18)$$

при $1 \leq \theta < \infty$, где

$$\frac{dt}{t} = \prod_{k \in e_*^i} \frac{dt_{k,i_k}}{t_{k,i_k}}, \quad (19)$$

а в случае $\theta = \infty$ положено

$$\|f\|_{\Lambda_{p,\theta}^{<m^i+\alpha^i;N^i>}(G,s)} = \text{vrai sup}_{t \in E_{|e_*^i|}} \left\| \frac{\Delta^{N_i}\left(\frac{t}{N^i};G\right) \mathcal{D}^{m^i} f(\cdot)}{\prod_{k \in e_*^i} |t_{k,i_k}|^{\alpha_{k,i_k}}} \right\|_{p,G} \quad (20)$$

при каждом $i = (i_1, \dots, i_s) \in Q$.

Заметим, что

$$e^i = \text{supp } i \ (i = (i_1, \dots, i_s) \in Q) \quad (21)$$

является носителем вектора $i = (i_1, \dots, i_s)$, т.е. это множество индексов, отличных от нуля координат вектора $i = (i_1, \dots, i_s) \in Q$, следовательно $e^i \subset \{1, 2, \dots, s\} = e_s$, а через

$$e_*^i = \{k \in e^i; i_k \in \varepsilon_k = \text{supp } \alpha_k = \text{supp } N_k\} \quad (22)$$

обозначено множество $k \in e^i$, для которых $i_k \in \varepsilon_k = \text{supp } N_k = \text{supp } \alpha_k$, т.е. это означает, что $N_{k,i_k} > 0$ и $\alpha_{k,i_k} > 0$ при каждом $k \in e_*^i$, для фиксированного $i = (i_1, \dots, i_s) \in Q$.

Напомним, что

$$\Delta^{N^i}\left(\frac{t}{N^i}\right) \mathcal{D}^{m^i} f(x) = \left\{ \prod_{k \in e_*^i} \Delta_{k,i_k}^{N_{k,i_k}}\left(\frac{t_{k,i_k}}{N_{k,i_k}}\right) \right\} \mathcal{D}^{m^i} f(x) \quad (23)$$

где по предположению

$$\Delta_{k,i_k}^{N_{k,i_k}}(t_{k,i_k}) g(\dots, x_{k,i_k}, \dots) \quad (24)$$

является конечной разностью функций $g = g(\dots, x_{k,i_k}, \dots)$ порядка N_{k,i_k} по направлению переменной x_{k,i_k} с шагом t_{k,i_k} .

В этих обозначениях, для области $G \subset E_n$, по предположению

$$\Delta^{N^i}(t, G) g(x) = \Delta^{N^i}(t) g(x), \quad (25)$$

если смешанная разность строится по вершинам многогранника, целиком лежащего в области G , а в противном случае положено

$$\Delta^{N^i}(t, G) g(x) = 0. \quad (26)$$

Через

$$E_{|e_*^i|} = \prod_{k \in e_*^i} \{t_{k,i_k} \in E_1\} \quad (i = (i_1, \dots, i_s) \in Q) \quad (27)$$

обозначено множество, которое является прямым произведением множеств $\{t_{k,i_k} \in E_1\}$ при всех $k \in e_*^i$, следовательно, в равенствах (18)

$$\frac{dt}{t} = \prod_{k \in e_*^i} \frac{dt_{k,i_k}}{t_{k,i_k}} \quad (28)$$

при каждом $i = (i_1, \dots, i_s) \in Q$.

Определение. Пространством

$$\tilde{V}_{p,\theta}^{<m+\alpha,N>}(G,s) \quad (29)$$

называется замыкание множества достаточно гладких, финитных в E_n функций по норме

$$\|f\|_{V_{p,\theta}^{<m+\alpha,N>}(G,s)} = \sum_{i=(i_1, \dots, i_s) \in Q} \|f\|_{\Lambda_{p,\theta}^{<m^i+\alpha^i,N^i>}(G,s)} < \infty, \quad (30)$$

где сумма берется по всевозможным векторам $i = (i_1, \dots, i_s) \in Q$.

Замечание 1. В случае $1 \leq p = \theta \leq \infty$, полунорма (18) переобозначается как

$$\|f\|_{L_p^{<m^i+\alpha^i,N^i>}(G,s)} = \|f\|_{\Lambda_{p,p}^{<m^i+\alpha^i,N^i>}(G,s)}. \quad (31)$$

Тогда (в этом случае) норма

$$\|f\|_{W_p^{<m+\alpha,N>}(G,s)} = \sum_{i=(i_1, \dots, i_s) \in Q} \|f\|_{L_p^{<m^i+\alpha^i,N^i>}(G,s)} \quad (32)$$

определяет пространства

$$\tilde{W}_p^{<m+\alpha,N>}(G,s) \quad (33)$$

как замыкание множества достаточно гладких, финитных в E_n функций по этой норме (32). Пространство (33), в случае $s=1$, является обобщением известных пространств Соболева-Слободецкого

$$\tilde{W}_p^{<m+\alpha,N>}(G). \quad (34)$$

В случае $s=n$ пространство (33) является обобщением пространства

$$S_p^{<m+\alpha,N>W}(G) \quad (35)$$

функций с доминирующей смешанной производной приведенного в работах С.М.Никольского, П.И.Лизоркина, А.Дж.Джабраилова и других.

Замечание 2. В случае ограничения вида

$$\text{supp } m_k \subseteq \varepsilon_k = \text{supp } \alpha_k = \text{supp } N_k \quad (k=1, 2, \dots, s) \quad (36)$$

норма (30) переобозначается как

$$\|f\|_{B_{p,\theta}^{<m+\alpha,N>}(G,s)} = \sum_{i=(i_1, \dots, i_s) \in Q} \|f\|_{L_{p,\theta}^{<m^i+\alpha^i,N^i>}(G,s)} \quad (37)$$

В этом случае (36) норма (37) определяет пространства

$$\tilde{B}_{p,\theta}^{<m+\alpha,N>}(G,s) \quad (38)$$

как замыкание множества достаточно гладких, финитных в E_n функций по этой норме (37). Пространства (38), в случае $s=1$, является обобщением известных пространств

$$B_{p,\theta}^{<m+\alpha,N>}(G) \quad (39)$$

С.М.Никольского-О.В.Бесова.

Пространства (38), в случае $s=n$, является известными пространствами

$$S_{p,\theta}^{<m+\alpha,N>}B(G), \quad (40)$$

изученных в работах С.М.Никольского, А.Дж.Джабраилова, И.Т.Аманова и других.

Пусть $H = (H_1, \dots, H_s), H_k > 0 (k=1, 2, \dots, s)$, а вектор $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_s)$ с координатами-векторами $\sigma_k = (\sigma_{k,1}, \dots, \sigma_{k,n_k}) (k=1, 2, \dots, s)$ является «положительным», т.е. $\sigma_{k,j} > 0 (j=1, 2, \dots, n_k)$, при всех $k=1, 2, \dots, s$.

Пусть вектор $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_s)$, с координатами-векторами $\delta_k = (\delta_{k,1}, \dots, \delta_{k,n_k}) (k=1, 2, \dots, s)$ такой, что $\delta_{k,j} = +1$ либо $\delta_{k,j} = -1 (j=1, 2, \dots, n_k)$ при всех $k=1, 2, \dots, s$. Обозначим через

$$R_\delta(\sigma, H) = \bigcup_{\substack{0 < v_k \leq H_k \\ (k=1, 2, \dots, s)}} \left\{ y \in E_n, c_{k,j} \leq \frac{y_{k,j} \delta_{k,j}}{v_k^{\sigma_{k,j}}} \leq c_{k,j}^* (j=1, 2, \dots, n_k) \right\} \quad (41)$$

$(k=1, 2, \dots, s)$ объединения множеств всех точек $y \in E_n$, с координатами-пачками $y_k = (y_{k,1}, \dots, y_{k,n_k}) (k=1, 2, \dots, s)$, для которых справедливы неравен-

ства $c_k \leq \frac{y_k \delta_k}{v_k^{\sigma_k}} \leq c_k^* (k=1, 2, \dots, s)$ при всех $0 < v_k \leq H_k (k=1, 2, \dots, s)$, где

$$\begin{aligned} \frac{y_k \delta_k}{v_k^{\sigma_k}} &= \left(\frac{y_{k,1} \delta_{k,1}}{v_k^{\sigma_{k,1}}}, \dots, \frac{y_{k,n_k} \delta_{k,n_k}}{v_k^{\sigma_{k,n_k}}} \right) (k=1, 2, \dots, s), \\ c_k &= (c_{k,1}, \dots, c_{k,n_k}), c_k^* = (c_{k,1}^*, \dots, c_{k,n_k}^*), \\ c_{k,j} &= \text{const}, c_{k,j}^* = \text{const} (j=1, 2, \dots, n_k) \text{ при всех } k=1, 2, \dots, s. \end{aligned}$$

Множество $x + R_\delta(\sigma, H)$ называется « σ -полурогом» вершиной в точке $x \in E_n$.

Заметим, что « σ -полурог» $x + R_\delta(\sigma, H)$ в случае $s=1$ становится « σ -рогом» с вершиной в точке $x \in E_n$, определенного О.В.Бесовым, а в случае $s=n$ указанной $x + R_\delta(\sigma, H)$ « σ -полурог» становится n -мерным прямоугольником с одной из вершиной в точке $x \in E_n$, с гранями параллельных координатным осям.

При фиксированных векторов $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_s)$ и $H = (H_1, \dots, H_s)$, количество « σ -полурогов» с вершиной в точке $x \in E_n$, равно 2^n , а если фиксировать и вектор $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_s)$ тогда имеем единственного « σ -полурога», вершиной в точке $x \in E_n$.

Определение. Подобласть $\Omega \subset G$ называется подобластью, удовлетворяющей условию « σ -полурога», если существует такой вектор $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_s)$, $\delta_{k,j} = +1$ либо $\delta_{k,j} = -1 (j=1, 2, \dots, n_k)$ при котором

$$x + R_\delta(\sigma, H) \subset G \quad (42)$$

при всех $x \in \Omega$.

Определение. Область $G \subset E_n$ называется областью, удовлетворяющей условию « σ -полурога», если существует конечный набор подобластей $G_1, G_2, \dots, G_M \subset G$, удовлетворяющих условию « σ -полурога», покрывающих область G , т.е. таких, что

$$G \subset \bigcup_{\mu=1}^M G_{\mu}. \quad (43)$$

Класс областей $G \subset E_n$, удовлетворяющих условию « σ -полурога» обозначим через $C(\sigma, H)$.

Напомним, что класс областей $G \subset E_n$, удовлетворяющих условию « σ -полурога», в случае $s=1$, становится классом областей, удовлетворяющих условию « σ -рога», определенных О.В.Бесовым, а в случае $s=n$, этот класс областей $G \subset E_n$, удовлетворяющих условию « σ -полурога», становится классом областей $G \subset E_n$, удовлетворяющих условию «прямоугольников», рассмотренных в работах В.П.Ильина.

Основные результаты работы даются в виде формулировки следующей теоремы (без доказательства), описывающие основные дифференциальные свойства функций $f=f(x)$ в области $G \subset E_n$, удовлетворяющей условию « σ -полурога».

Теорема. Пусть

$$f \in \tilde{V}_{p,\theta}^{<m+\alpha, N>}(G, s), \quad (44)$$

где $1 \leq p \leq \theta \leq \infty$, при этом тройка векторов $m=(m_1, \dots, m_s)$, $\alpha=(\alpha_1, \dots, \alpha_s)$, $N=(N_1, \dots, N_s)$ подчинены условиям (1)-(6).

Пусть область $G \in C(\sigma, H)$, где $H=(H_1, \dots, H_s)$, $H_k > 0$ ($k=1, 2, \dots, s$), а вектор $\sigma=(\sigma_1, \dots, \sigma_s)$, с координатами-векторами $\sigma_k=(\sigma_{k,1}, \dots, \sigma_{k,n_k})$ ($k=1, 2, \dots, s$), является произвольным фиксированным «положительным», т.е. $\sigma_{k,j} > 0$ ($j=1, 2, \dots, n_k$).

Пусть «целочисленный неотрицательный» вектор $v=(v_1, \dots, v_s)$, с координатами-векторами $v_k=(v_{k,1}, \dots, v_{k,n_k})$ ($k=1, 2, \dots, s$) подчинен условиям

$$\mathcal{L}_{k,i_k} = (m_{k,i_k} + \alpha_{k,i_k})\sigma_{k,i_k} - (v_k, \sigma_k) - \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{q} \right) |\sigma_k| \geq 0 \quad (45)$$

при всех $k=1, 2, \dots, s$, при этом равенство $\mathcal{L}_{k,i_k} = 0$ при некоторых

$$\begin{cases} k \in \{1, 2, \dots, s\}, \\ i_k \in \{1, 2, \dots, n_k\} \end{cases}$$

допускается только в случае $1 < p < q < \infty$, $1 < p = \theta < \infty$. Тогда $\mathcal{D}^v f \in L_q(G)$, причем справедливы интегральные неравенства

$$\|\mathcal{D}^v f\|_{q,G} \leq c \sum_{i=(i_1, \dots, i_s) \in Q} \left(\prod_{k=1}^s h_k^{\mathcal{L}_{k,i_k}} \right) \|f\|_{\Lambda_{p,\theta}^{<m^i+\alpha^i, N^i>}(G,s)} \quad (46)$$

при $0 < h_k \leq H_k$ ($k=1, 2, \dots, s$), где C является постоянной, независимой от функции $f=f(x)$ и от вектора $h=(h_1, \dots, h_s)$, при этом

$$\mathcal{L}_{k,0} = -(v_k, \sigma_k) - \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{q} \right) |\sigma_k| \quad (k=1, 2, \dots, s), \quad (47)$$

$$(v_k, \sigma_k) = \sum_{j=1}^{n_k} v_{k,j} \sigma_{k,j}, \quad |\sigma_k| = \sigma_{k,1} + \dots + \sigma_{k,n_k} \quad (k=1, 2, \dots, s)$$

В условиях теоремы полагается, что область $G \in E_n$ удовлетворяет условию « σ -полурога», при этом вектор $\sigma=(\sigma_1, \dots, \sigma_s)$ с координатами-векторами $\sigma_k=(\sigma_{k,1}, \dots, \sigma_{k,n_k})$ ($k=1, 2, \dots, s$) произвольный «положительный», т.е. $\sigma_{k,j} > 0$ ($j=1, 2, \dots, n_k$)-произвольные при всех $k=1, 2, \dots, s$.

Предполагая, что

$$\sigma = \frac{1}{m + \alpha} = \left(\frac{1}{m_1 + \alpha_1}, \dots, \frac{1}{m_s + \alpha_s} \right), \quad (48)$$

с координатами-векторами

$$\sigma_k = \frac{1}{m_k + \alpha_k} = \left(\frac{1}{m_{k,1} + \alpha_{k,1}}, \dots, \frac{1}{m_{k,n_k} + \alpha_{k,n_k}} \right) \quad (k = 1, 2, \dots, s),$$

мы сужаем класс областей $G \in C(\sigma, H)$, т.е., в этом случае, мы говорим, что геометрия области

$$G \in C\left(\frac{1}{m + a}, H\right) \quad (49)$$

соответствует показателям гладкости пространств $\tilde{V}_{p,\theta}^{<m+\alpha, N>}(G, s)$, но именно в этом случае (48) получаются наиболее полные дифференциальные свойства функций $f \in \tilde{V}_{p,\theta}^{<m+\alpha, N>}(G, s)$.

В предположении (49) условия (45) теоремы записываются в виде

$$\varkappa_{k,i_k} = \varkappa_k = 1 - \left(v_k, \frac{1}{m_k + \alpha_k} \right) - \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{q} \right) \sum_{j=1}^{n_k} \frac{1}{m_{k,j} + \alpha_{k,j}} \geq 0 \quad (50)$$

($k=1, 2, \dots, s$), при этом $\varkappa_{k,0} = \varkappa_k - 1$ ($k=1, 2, \dots, s$).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Максудов Ф.Г. Метод интегральных представлений в теории пространств / Ф.Г. Максудов, А.Дж. Джабраилов. Баку, изд., «Элм», 2000 г.
2. Соболев С.Л. Некоторые применения функционального анализа в математической физике / С.Л. Соболев. Ленинград, изд., ЛГУ, 1950 г.
3. Слободетский С.Л. Пространства Соболева дробного порядка и их дифференциальные уравнения в частных производных / С.Л. Слободетский. ДАН СССР, т.118, №2, 1958 г.
4. Никольский С.М. Приближение функций многих переменных и теоремы вложения / С.М. Никольский. Москва, изд., «Наука», 1977 г.
5. Джабраилов А.Д. О некоторых функциональных пространствах. Прямые и обратные теоремы вложения / А.Д. Джабраилов. ДАН СССР, т.159, 1964 г.
6. Бесов О.В. Интегральные представления функций и теоремы вложения / О.В. Бесов, В.П. Ильин, С.М. Никольский. Москва, изд., «Наука», 1975 г.
7. Лизоркин П.И. Классификация дифференциальных функций на основе пространств с доминирующей смешанной производной / П.И. Лизоркин, С.М. Никольский // Труды МИАН СССР, т.77, 1965 г.
8. Аманов Т.М. Пространства дифференцируемых функций с доминирующей смешанной производной / Т.М. Аманов. Алма-Аты, изд., «Наука», 1976 г.
9. Джабраилов А.Дж. К теории «теорем вложения» / А.Дж. Джабраилов // Труды МИАН СССР, т.89, 1967 г.
10. Нейматов Н.А. Весовые интегральные представления и некоторые весовые теоремы вложения / Н.А. Нейматов. Баку, Защищенная диссертационная работа, НАН Азерб., 2015 г.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Maksudov F.G. Metod integral'nyh predstavlenij v teorii prostranstv [The method of integral representations in the theory of spaces] / F.G. Maksudov, A.J. Dzhabrailov. Baku, ed., "Elm", 2000 [in Russian]
2. Sobolev S.L. Nekotorye primeneniya funkcional'nogo analiza v matematicheskoj fizike [Some applications of functional analysis in mathematical physics] / S.L. Sobolev. Leningrad, ed., LSU, 1950 [in Russian]
3. Slobodetsky S.L. Prostranstva Soboleva drobnogo porjadka i ih differencial'nye uravnenija v chastnyh proizvodnyh [Sobolev spaces of fractional order and their partial differential equations] / S.L. Slobodetsky. DAN USSR, vol.118, No. 2, 1958 [in Russian]
4. Nikolsky S.M. Priblizhenie funkciy mnogih peremennyh i teoremy vlozhenija [Approximation of functions of many variables and embedding theorems] / S.M. Nikolsky. Moscow, ed., "Science", 1977. [in Russian]
5. Dzhabrailov A.D. O nekotoryh funkcional'nyh prostranstvakh. Prjamyje i obratnye teoremy vlozhenija [On some functional spaces. Direct and inverse embedding theorems] / A.D. Dzhabrailov. DAN USSR, vol.159, 1964 [in Russian]
6. Besov O.V. Integral'nye predstavlenija funkciy i teoremy vlozhenija [Integral representations of functions and embedding theorems] / O.V. Besov, V.P. Ilyin, S.M. Nikolsky. Moscow, ed., "Science", 1975. [in Russian]

7. Lizorkin P.I. Klassifikacija differencial'nyh funkcij na osnove prostranstv s dominirujushhej smeshannoju proizvodnoj [Classification of differential functions based on spaces with a dominant mixed derivative] / P.I. Lizorkin, S.M. Nikolsky // Trudy MIAN SSSR [Proceedings of the MIAN USSR], vol. 77, 1965. [in Russian]
8. Amanov T.M. Prostranstva differenciruemyh funkcij s dominirujushhej smeshannoju proizvodnoj [Spaces of differentiable functions with dominant mixed derivative] / T.M. Amanov. Alma-Ata, ed., "Science", 1976 [in Russian]
9. Dzhabrailov A.J. K teorii «teorem vložhenija» [To the theory of "embedding theorems"] / A.J. Dzhabrailov // Trudy MIAN SSSR [Proceedings of the MIAN USSR], vol.89, 1967 [in Russian]
10. Neymatov N.A. Vesovye integral'nye predstavlenija i nekotorye vesovye teoremy vložhenija [Weight integral representations and some weight embedding theorems] / N.A. Neymatov. Baku, Defended dissertation, NAS Azer., 2015 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.003>**ОЦЕНКА ФРАКТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУР ПО МИКРОСКОПИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ**

Научная статья

Полищук С.В.^{1,*}, Петров К.А.²¹ ORCID: 0000-0003-1764-485X;^{1,2} Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

* Корреспондирующий автор (polischuk.sv[at]dvfu.ru)

Аннотация

В работе исследован метод анализа фрактальных свойств изображений на основе их структурной функции. Предложено расширение данного метода с целью анализа локальных фрактальных признаков. Исследован метод синтеза изображений со свойствами спектрального самоподобия и предложен метод модификации изображений во фрактальные с самоподобной структурной функцией на основе вейвлет-преобразований. Разработано программное средство для фрактального анализа микроскопических изображений с использованием исследуемых методов. Показана эффективность исследуемых методов посредством их проверки на смоделированных фрактальных изображениях. Предложено применение разработанных инструментов фрактального анализа в области электронной и оптической микроскопии.

Ключевые слова: фрактальный анализ, структурная функция, показателя Херста, метод Пентланда.

EVALUATING FRACTAL PROPERTIES OF NANOSTRUCTURES FROM MICROSCOPIC IMAGES

Research article

Polishchuk S.V.^{1,*}, Petrov K.A.²¹ ORCID: 0000-0003-1764-485X;^{1,2} Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

* Corresponding author (polischuk.sv[at]dvfu.ru)

Abstract

The article investigates a method for analyzing fractal properties of images based on their structural function and proposes an extension of this method in order to analyze local fractal features. The authors investigate a method for synthesizing images with spectral self-similarity properties and propose a method for modifying images into fractal ones with a self-similar structural function based on wavelet transformations. Also, the authors introduce a software tool for fractal analysis of microscopic images using the methods featured in the study. The effectiveness of these methods is shown by means of their verification on modeled fractal images. The study proposes the application of the developed fractal analysis tools in the field of electron and optical microscopy.

Keywords: fractal analysis, structural function, Hurst exponent, Pentland method.

Введение

В общем случае фрактальные свойства случайных процессов связаны с инвариантностью (самоподобием) относительно масштабных преобразований, или самоаффинностью. В то же время единственным критерием самоподобия статистической характеристики является ее распределение по степенному закону [1]. Таким образом, задачи фрактального анализа изображений сводятся к поиску статистических характеристик, удовлетворяющих данному условию, разработке алгоритмов расчета этих характеристик и классификации изображений на основе полученных фрактальных признаков [2].

В работе рассматривается один из алгоритмов фрактального анализа, его программная реализация, а также расширение алгоритма для анализа фрактальных свойств изображения в локальных областях.

Метод оценки фрактальных свойств

Исследуемый метод использует в качестве фрактальной меры самоподобие структурной функции изображения. Оценку структурной функции изображения получают из соотношения [3]:

$$D_q \ k = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M-k-1} |f(i, j) - f(i, j+k)|^q + \sum_{i=1}^{N-k-1} \sum_{j=1}^M |f(i, j) - f(i+k, j)|^q}{2N \ M - k - 1}, \quad (1)$$

где q – порядок структурной функции, $f(i, j)$ – функция яркости изображения, N, M – число строк и столбцов матрицы изображения соответственно, k – размер измерительного окна ($k < N, M$). Как правило, программная реализация алгоритма использует структурную функцию первого порядка $D_1 \ k$, а коэффициент k подбирается эмпирически.

Если построенная таким образом оценка структурной функции изображения имеет степенной вид, значит, она обладает масштабной инвариантностью, т.е. фрактальными свойствами. В этом случае приближенное значение фрактальной размерности d можно получить из показателя Херста α , который определяется как тангенс угла наклона

прямой линейной регрессии для структурной функции [4]. Фрактальная размерность зависит от показателя Херста, как $d = 3 - \alpha$.

Расширение метода для оценки локальных фрактальных свойств

Весьма часто на изображениях наноструктур присутствуют различные объекты, отличающиеся по своим статистическим характеристикам друг от друга, а также от фона. В этом случае оценка фрактальных свойств на всей матрице изображения может не дать желаемых результатов и имеет смысл провести дополнительный анализ, разбивая исходное изображение на фрагменты заданного размера [5].

Описанный выше алгоритм можно модифицировать с целью оценки локальных фрактальных свойств изображения [6]. Для этого перейдем от расчета показателя Херста на всем изображении к расчету локальных значений оценки этого показателя в скользящем окне размером $N \times M$ (на практике, как правило, скользящее окно квадратное, т.е. $N = M$). Структурная функция в данном случае так же рассчитывается из соотношения (1), но N и M означают размер скользящего окна.

В скользящем окне рассчитывается локальное значение оценки показателя Херста [7], для чего используются полученные значения структурной функции и ее аргумента k (размера измерительного окна):

$$\alpha_{i,j} = \frac{n \sum_{k=1}^n x_k y_k - \sum_{k=1}^n x_k \times \sum_{k=1}^n y_k}{n \sum_{k=1}^n x_k^2 - \left(\sum_{k=1}^n x_k \right)^2}, \quad 0 \leq \alpha_{i,j} \leq 1, \quad (2)$$

где $x_k = \log_2 k$, $y_k = \log_2 D_q k$, $n = k_{\max}$, $\alpha_{i,j}$ – оценка показателя Херста в окне с центром в точке (i, j) .

Локальные оценки показателя Херста рассчитываются для всех (i, j) , где $i \in [0, N-1]$, $j \in [0, M-1]$. В результате получаем поле, характеризующее фрактальные свойства изображения в окрестности каждого пикселя.

Синтез изображений с фрактальными свойствами

Преобразование изображения во фрактальное производится в два этапа. На первом этапе происходит модификация спектра в степенную функцию, а на втором используется декомпозиция вейвлет-преобразованиями Гаусса и Морле, которые позволяют получить изображение со степенной структурной функцией.

Для преобразования цифрового изображения f_{j_1, j_2} в спектрально-самоподобное запишем его дискретное преобразование Фурье (ДПФ) как

$$F_{m,n} = A_{m,n} \exp[i\phi_{m,n}] \quad (3)$$

где $A_{m,n}$ – значения амплитуд спектра, $\phi(m,n) = \arctg m/n$. Если $A_{m,n} = 1$, то получаем чисто фазовое ДПФ, которое обозначим как $Z_{m,n} = \exp[i\phi_{m,n}]$. Далее смоделируем дискретную степенную функцию вида $C_{m,n} = 1 / (m^2 + n^2)^{\beta/2}$ и заменим в соотношении (3) $A_{m,n}$ на $C_{m,n}$, после чего осуществим обратное ДПФ от произведения $C_{m,n} Z(m,n)$. Таким образом получим изображение

$$f_{j_1, j_2} = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} C_{m,n} Z(m,n) \exp\left[i \frac{2\pi}{N} m j_1 + n j_2\right] \quad (4)$$

спектр которого убывает по степенному закону. Данное изображение может принимать как положительные, так и отрицательные значения, поэтому, в случае необходимости, к нему добавляют постоянную составляющую для приведения к нормальному виду.

Формула (4) сохраняет информацию о фазе комплексных экспонент, на которые разлагается исходное изображение, но теряет информацию о локализации спектральных компонент и их квазипериодическом характере. Фрактальные свойства полученного изображения зависят от коэффициента β , задаваемого при моделировании степенной функции $C_{m,n}$.

Если построить структурные функции исходного изображения f_{j_1, j_2} и полученного спектрально-самоподобного f_{j_1, j_2} в двойном логарифмическом масштабе (рисунки 1 (б) и 2 (а) соответственно), то можно видеть, что во втором случае функция более близка к степенной, однако наблюдается выраженное отклонение в области высоких частот. Это отклонение может присутствовать в разных областях и быть выражено в разной степени при работе с различными изображениями. Привести структурную функцию к степенному виду можно несколькими способами [8]. Один из них основан на декомпозиции изображения фильтрами вида $H_{u_1, u_2; m}$, где m – параметр, определяющий

полосу пропускания фильтра ($0 \leq m \leq M-1$) [9]. Для таких фильтров должно выполняться условие $H_{u_1, u_2; m} = H_{-u_1, -u_2; m} \geq 0$, а их сумма должна быть равна $\sum_{m=0}^{M-1} H_{u_1, u_2; m} = 1$ (M – количество фильтров). При использовании таких фильтров равенство

$$f_{j_1, j_2} = \sum_{m=0}^{M-1} g_{j_1, j_2; m} \quad (5)$$

можно рассматривать как декомпозицию изображения f_{j_1, j_2} на M изображений $g_{j_1, j_2; m}$.

Фильтры $H_{u_1, u_2; m}$ могут быть построены на основе ДПФ вейвлетов Гаусса и Морле [10], которые соответственно имеют вид

$$H_{1, u, m, n, M, N} = a_m^n \left(\frac{2\pi}{N} u \right)^n \exp \left[-a_m^2 \left(\frac{2\pi}{N} u \right)^2 / 2s_0 \right] \quad (6)$$

$$H_{2, u, m, M, N} = \exp \left[-a_m^2 \left(\frac{2\pi}{N} u - u_0 / a_m \right)^2 / 2 \right] \quad (7)$$

где $u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$, $(u_1, u_2) = -N/2, \dots, -1, 0, 1, \dots, N-1/2$, $a_m = N 2^{-m \log_2 N / M-1}$, n – номер производной функции Гаусса, s_0 и u_0 – числовые параметры соответственно фильтров Гаусса и Морле. При изменении m от 0 до $M-1$ масштаб a_m будет уменьшаться от N до 1.

В результате декомпозиции получаем M изображений $g_{j_1, j_2; m}$, каждое из которых содержит информацию об определенном диапазоне частот исходного изображения (как правило, на практике для решаемых нами задач $2 \leq M \leq 4$). Те изображения, диапазон частот которых примерно соответствует области, на которой наблюдается отклонение в структурной функции исходного изображения, могут быть модифицированы простым домножением на числовой коэффициент, или, при необходимости, применением более сложной функции.

Далее, обозначая модифицированные изображения как $g_{1, j_1, j_2; m}$, получим новое изображение

$$f_{2, j_1, j_2} = \sum_{m=0}^{M-1} g_{1, j_1, j_2; m} \quad (8)$$

структурная функция которого принимает степенной вид.

Программная реализация и проверка методов

Было разработано программное средство, позволяющее производить оценку как глобальных, так и локальных фрактальных свойств растрового изображения. В первом случае результатом является график функции одной переменной $D_q(k)$, для которого затем рассчитывается показатель Херста при помощи инструментов работы с графиками. Во втором случае результатом является двумерное поле распределения локальных значений оценки показателя Херста. Над этим полем можно проводить дополнительные операции, такие как построение гистограммы и сегментация для выделения участков с заданной фрактальной размерностью.

Кроме того, в рамках программного средства реализованы инструменты модификации изображения во фрактальное, как с самоподобным спектром, так и с самоподобной структурной функцией.

Для апробации предлагаемых в работе методов использовалось изображение аморфной пленки CoNiP, полученное на микроскопе Carl Zeiss Libra 200 FE при ускоряющем напряжении 200 кВ (рисунок 1 (а)).

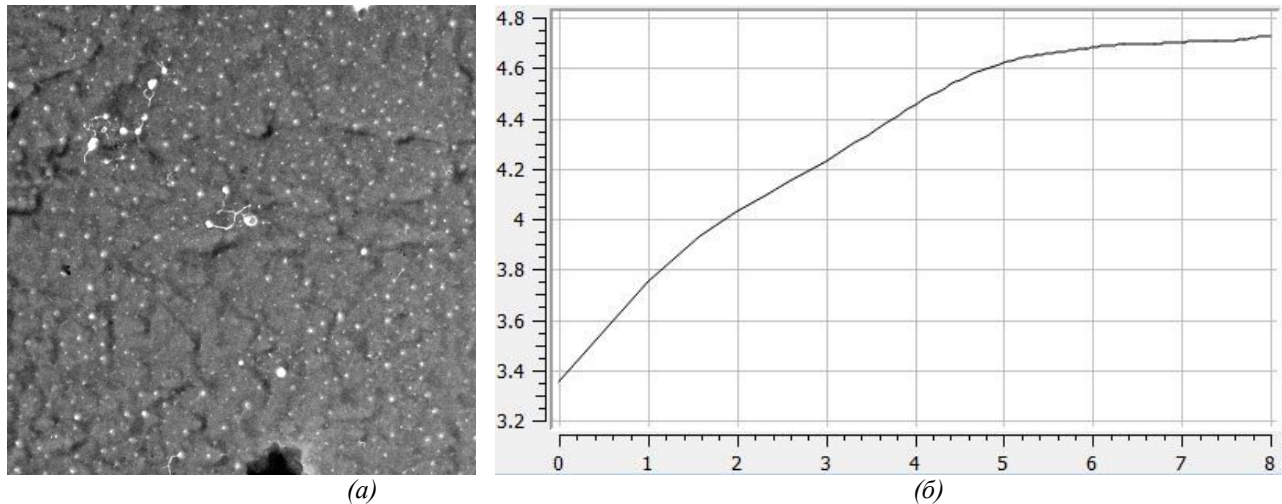


Рис. 1 – Изображение образца CoNiP (а) и его структурная функция 1-го порядка (б)

Для исследуемого изображения была построена структурная функция первого порядка (выражение 1) в двойном логарифмическом масштабе (рисунок 1 (б)). Можно видеть, что структурная функция не является степенной. Изображение было преобразовано во фрактальное с самоподобным спектром (выражение 4) и была построена его структурная функция (рисунок 2 (а)). В данном случае распределение значений функции близко к степенному, но наблюдается отклонение в области высоких частот. Для компенсации этого отклонения можно провести декомпозицию полученного спектрально-самоподобного изображения при помощи вейвлет-преобразований, домножить изображение, на котором представлена область высоких частот, на некий числовой коэффициент и вновь сложить элементы декомпозиции в целое изображение. После перечисленных операций структурная функция принимает вид, как на рисунке 2 (б) – в этом случае отклонение значений от степенного закона статистически незначительно и можно сказать, что структурная функция изображения самоподобна.

Для проверки эффективности предлагаемых в работе методов анализа фрактальных свойств программными средствами моделировались реализации случайного двумерного Броуновского поля, а так же использовались фрактальные изображения, полученные методом Фурье-фильтрации. В обоих случаях в результате моделирования получали изображение с заданной фрактальной размерностью $d = 2.5$. Для каждой реализации рассчитывалось глобальное значение показателя Херста (α_ε) на всем изображении и среднее значение поля распределения локальных значений ($\overline{\alpha}_l$). Для фрактального изображения модуль разности между этими двумя значениями $\Delta\alpha = |\alpha_\varepsilon - \overline{\alpha}_l|$ должен быть незначительным.

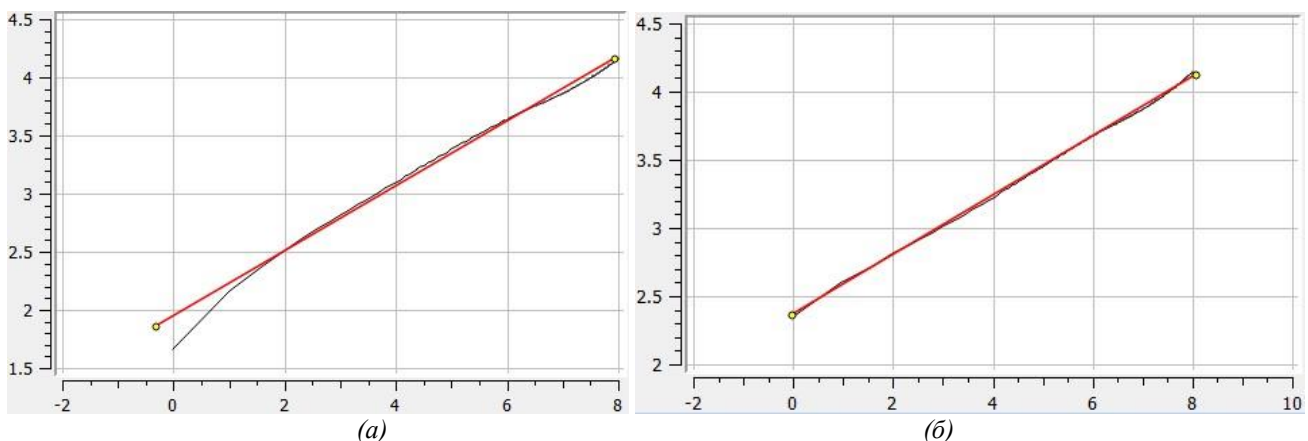


Рис. 2 – Структурная функция изображения CoNiP, после преобразования в спектрально самоподобное (а) и после дополнительной фильтрации при помощи вейвлетов (б)

В результате тестирования разработанного программного решения на выборке моделей фрактальных изображений объемом $N \approx 1000$ было установлено, что для модели случайного Броуновского поля искомые значения в среднем равны: $\alpha_\varepsilon = 0.4709$, $\overline{\alpha}_l = 0.4801$, $\Delta\alpha = 0.0092$. Для изображений, полученных методом Фурье-фильтрации: $\alpha_\varepsilon = 0.5419$, $\overline{\alpha}_l = 0.5952$, $\Delta\alpha = 0.0533$.

Используя соотношение зависимости фрактальной размерности от показателя Херста ($d = 3 - \alpha$), можно сделать вывод, что расчетные показатели близки к заданным при моделировании. Полученные результаты позволяют заключить, что при использовании предлагаемых методов глобальные значения показателя Херста на исследуемых изображениях оказались близки к средним локальным значениям, что свидетельствует о статистически правильной оценке фрактальных свойств.

Заключение

В данной работе исследован метод анализа фрактальных свойств изображений, основанный на самоподобии структурной функции (метод Пентланда). Предложена модификация метода с целью оценки фрактальных свойств в локальных областях. В основе модифицированного метода лежит расчет локального значения оценки показателя Херста в окрестности каждого пикселя изображения (используется скользящее окно фиксированного размера).

Рассмотрен метод синтеза спектрально-самоподобного изображения и предложен метод его дальнейшего преобразования во фрактальное с самоподобной структурной функцией.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Старк Г. Статистические методы распознавания образов с использованием признаков, выделенных из оптических фурье-спектров / Г. Старк, Р. О'Тул // Применение методов фурье-оптики. – М.: Радио и связь. – 1988. – С. 440 - 472.
2. Потапов А.А. Новейшие методы обработки изображений / А.А. Потапов, Ю.В. Гуляев, С.А. Никитов и др. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
3. Панин С.В. Использование вейвлет-анализа изображений поверхности для изучения процессов пластической деформации и разрушения на мезомасштабном уровне / С.В. Панин, И.В. Шакиров, И.В. Сырякин и др. // Автометрия. – 2003. – Т. 39 – № 1 – С. 37-53.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
5. Грудин Б.Н. Моделирование и анализ изображений с использованием спектральных характеристик / Б.Н. Грудин, В.С. Плотников, Е.В. Пустовалов и др. // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2012. – Т. 76, №9. – С. 1160-1165.
6. Грудин Б.Н. Моделирование изображений с заданными фрактальными характеристиками / Б.Н. Грудин, В.С. Плотников, Н.А. Смольянинов // Автометрия. – 2010. – Т.46, № 3. – С.13-21.
7. Грудин Б.Н. Синтез фрактальных микроскопических изображений / Б.Н. Грудин, В.С. Плотников, Н.А. Смольянинов и др. // Изв. Вузov. – 2009. – № 11. – С.85-91.
8. Грудин Б.Н. Обработка и моделирование микроскопических изображений / Б.Н. Грудин, В.С. Плотников. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 349 с.
9. Грудин Б.Н. Фрактальная фильтрация микроскопических изображений / Б.Н. Грудин, В.С. Плотников, Н.А. Смольянинов и др. // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – № 3/2. – С.71-76.
10. Кулешов Е.Л. Использование вейвлет-преобразования для оптимального оценивания тренда случайного процесса / Е.Л. Кулешов, В.К. Фищенко // Автометрия. – 2003. – Т. 39, № 1. – С. 108-113.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Stark G. Statisticheskie metody raspoznavaniya obrazov s ispol'zovaniem priznakov, vydelennykh iz opticheskikh fur'e-spektrov [Statistical methods for pattern recognition using features extracted from optical fourier spectra] / G. Stark, R. O'Tul // Primenenie metodov fur'e-optiki [Application of Fourier optics methods]. – М.: Radio i svjaz'. – 1988. – P. 440 - 472. [in Russian]
2. Potapov A.A., Guljaev Ju.V., Nikitov S.A., Pahomov A.A., German V.A. Novejshie metody obrabotki izobrazhenij [The latest image processing techniques]. – М.: Fizmatlit, 2008. – 496 p. [in Russian]
3. Panin S.V. Ispol'zovanie vejvlet-analiza izobrazhenij poverhnosti dlja izuchenija processov plasticheskoy deformacii i razrushenija na mezomasshtabnom urovne [Using wavelet analysis of surface images to study the processes of plastic deformation and fracture at the mesoscale level] / A.A. Potapov, Ju.V. Guljaev, S.A. Nikitov et al. // Avtometrija. – 2003. – V. 39 – № 1 – P. 37-53. [in Russian]
4. Mandel'brot B. Fraktal'naja geometrija prirody [Fractal geometry of nature] / B. Mandel'brot. – М.: Institut komp'juternyh issledovanij, 2002. – 656 p. [in Russian]
5. Grudin B.N. Modelirovanie i analiz izobrazhenij s ispol'zovaniem spektral'nyh harakteristik [Modeling and analysis of images using spectral characteristics] / B.N. Grudin, V.S. Plotnikov, E.V. Pustovalov et al. // Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Serija fizicheskaja [Bulletin of the Moscow university. Physical series]. – 2012. – V. 76, №9. – P. 1160-1165. [in Russian]
6. Grudin B.N. Modelirovanie izobrazhenij s zadannymi fraktal'nymi harakteristikami [Modeling images with specified fractal characteristics] / B.N. Grudin, V.S. Plotnikov, N.A. Smol'janinov // Avtometrija. – 2010. – V.46, № 3. – P.13-21. [in Russian]
7. Grudin B.N. Sintez fraktal'nyh mikroskopicheskikh izobrazhenij [Synthesis of fractal microscopic images] / B.N. Grudin, V.S. Plotnikov, N.A. Smol'janinov et al. // Izv. Vuzov. – 2009. – № 11. – P.85-91. [in Russian]
8. Grudin B.N. Obrabotka i modelirovanie mikroskopicheskikh izobrazhenij [Processing and modeling of microscopic images] / B.N. Grudin, V.S. Plotnikov. – Vladivostok: Dal'nauka, 2010. – 349 p. [in Russian]
9. Grudin B.N. Fraktal'naja fil'tracija mikroskopicheskikh izobrazhenij [Fractal filtering of microscopic images] / B.N. Grudin, V.S. Plotnikov, N.A. Smol'janinov et al. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Fizika [Bulletin of higher educational institutions. Physics]. – 2010. – № 3/2. – P.71-76. [in Russian]
10. Kuleshov E.L. Ispol'zovanie vejvlet-preobrazovanija dlja optimal'nogo ocenivaniya trenda sluchajnogo processa [Using the wavelet transform for optimal estimation of the trend of a random process] / E.L. Kuleshov, V.K. Fishhenko // Avtometrija. – 2003. – V. 39, № 1. – P. 108-113. [in Russian]

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.004>**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СОДЕРЖАЩИХ КАДМИЙ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ ПРИ ИХ УТИЛИЗАЦИИ В ДОМЕННОМ ПРОЦЕССЕ**

Научная статья

Журавлева С.В.*

ORCID: 0000-0002-7461-5388,

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия;

Агентство инвестиционного развития Московской области, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (zhuravleva_sveta[at]rambler.ru)

Аннотация

Работа посвящена исследованию перспективы переработки гальваношламов включением их в доменный процесс в качестве компонента шихты. С упомянутой целью при помощи программного комплекса ИВТАНТЕРМО проведен термодинамический анализ поведения компонентов гальваношламов, содержащих кадмий, при их переработке в доменном процессе. Установлено, что кадмий при восстановительных и окислительных условиях почти полностью переходит в газовую фазу в моно-атомном виде. Присутствующие в гальваношламе сера и цинк не оказывают существенного влияния на поведение кадмия при утилизации гальваношлама в доменном процессе. Проведенные исследования являются основой для дальнейшего изучения взаимодействия гальваношламов с другими компонентами шихты доменного процесса при различных условиях.

Ключевые слова: термодинамический анализ, гальваношламы, переработка, доменный процесс.

A THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF CADMIUM-CONTAINING GALVANIC SLUDGE DURING ITS DISPOSAL IN THE BLAST FURNACE PROCESS

Research article

Zhuravleva S.V.*

ORCID: 0000-0002-7461-5388,

National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia;

Agency for Investment Development of the Moscow Region, Moscow, Russia

* Corresponding author (zhuravleva_sveta[at]rambler.ru)

Abstract

The study discusses the prospects of processing galvanic sludge by including it in the blast furnace process as a component of the charge. For this purpose and with the help of the IVTANTHERMO software, the article conducts a thermodynamic analysis of the behavior of components of cadmium-containing galvanic sludge during its blast furnace processing. The authors establish that under reducing and oxidizing conditions cadmium almost completely passes into the gas phase in a mono-atomic form. The sulfur and zinc present in the galvanic sludge do not significantly affect the behavior of cadmium during the disposal of galvanic sludge in the blast furnace process. The research conducted is the basis for further study of the interaction of galvanic sludge with other components of the charge of the blast furnace process under various conditions.

Keywords: thermodynamic analysis, galvanic sludge, recycling, blast furnace process.

Введение

Не вызывает сомнения актуальность переработки отходов черной и цветной металлургии, энергетики, химической и других видов промышленных технологий. Шламовые поля, скопления шлаков и других вторичных материалов на территориях предприятий, а также часто далеко за их пределами занимают значительные площади, которые можно было бы использовать для сельскохозяйственных целей или для развития лесопарковых природных зон. При этом в атмосфере, водоемах, почве постоянно увеличиваются концентрации вредных элементов и их соединений, имеющих в составах отходов, что оказывает отрицательное воздействие на внешнюю среду. Не являются исключением и отходы гальванических технологий, применяемых на различных промышленных предприятиях [1], [2], [5], [6].

Одним из возможных способов утилизации гальваношламов можно рассматривать использование доменного процесса в этом качестве. Для обоснования возможности применения процессов доменного цикла для этой цели необходимо предварительное исследование особенностей поведения компонентов гальваношламов при условиях, существующих в домне, т.е. в окислительно-восстановительной среде при высоких температурах в контакте с веществами, участвующими в доменных процессах. Предпочтительным методом таких теоретических исследований является термодинамический анализ.

Целью этой работы является термодинамический анализ поведения нетипичных для доменного процесса компонентов гальваношламов в условиях доменной плавки.

Методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран усредненный состав нескольких образцов шламов гальванического производства. Для получения максимальной представительности веществ, присутствующих в гальваношламах, были отобраны образцы из шламоотвалов, накапливавшихся в разные периоды времени. Элементный состав образцов определялся с помощью рентгеноспектрального анализа на растровом электронном микроскопе JSM, оборудованной приставкой энергодисперсионного микроанализатора JED-2300F фирмы Jeol (Япония).

Усредненный состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Усредненный элементный состав гальваношлавов

Элемент	O	Mg	P	Cr	Fe	Al	Na	S	Ba	Ca	Si	Cd	Zn	Cu	Ni	Cl	K
Масс. %	61,2	8,2	3,7	3,9	3,2	2,8	2,4	1,5	2,1	3,1	1,9	0,4	1,1	0,9	0,3	8,0	0,2

Термодинамический анализ поведения компонентов гальваношлама в условиях доменного процесса при их контакте с исходными шихтовыми веществами и продуктами плавки при различных температурах проводился при помощи программного комплекса ИВТАНТЕРМО [10] – автоматизированной системы, имеющей базу термодинамических данных для более, чем 3000 элементов и соединений, что позволяет рассмотреть взаимодействие самых разных компонентов при различных температурах, давлениях и исходных составах. Особенностью программы является возможность расчета комплексных химических равновесий в многофазных и многокомпонентных системах. Алгоритм термодинамических расчетов основывается на минимизации энергии Гиббса системы.

Поскольку целью работы являлось исследование поведения гальваношлама в доменном процессе, то выбирался температурный интервал, включающий в себя различные возможные зоны этого процесса. Проводился предварительный анализ, который позволил исключить из рассмотрения те элементы и вещества, которые не оказывают влияния на поведение компонентов гальваношлавов в ходе процессов их распределения между продуктами доменной плавки. Возможность пребывания компонентов шлама в различных окислительных и восстановительных локальных объемах регулировалась с помощью восстановительного потенциала, который задавался соотношением элементов C/O, которое, как известно, контролирует ход восстановления металла в домне.

Основные результаты

Как видно из таблицы 1, основными элементами, поведение которых требует предварительного теоретического анализа, являются кадмий и цинк. Кадмий – поскольку присутствие его в доменном процессе до сих пор не привлекало пристального внимания, цинк – как металл, увеличение концентрации которого нежелательно для доменного процесса вследствие отрицательного влияния на футеровку печи. Кроме того, важно также следить за основными неметаллическими компонентами, присутствие которых при попадании их в металл снижает его механические свойства и сужает сферы его использования на дальнейших этапах металлургического производства. Это присутствующие в гальваношламах (см. табл.1) сера и фосфор.

Рассмотрение превращений этих (и других) компонентов шламов необходимо проводить как для условий окислительной среды, когда есть контакты с оксидами исходной шихты, с расплавом шлака, с окислительной газовой средой при попадании шламов в фурменную зону, так и для восстановительных условий основной атмосферы печи и при контактах с восстановленным металлом.

На рис. 2 представлены результаты анализа поведения кадмия в окислительной зоне доменной печи. Сама окислительная зона моделировалась соотношением металл (Fe) – шлак (FeO) в окрестности нахождения шлама, содержащего кадмий (рис.1)

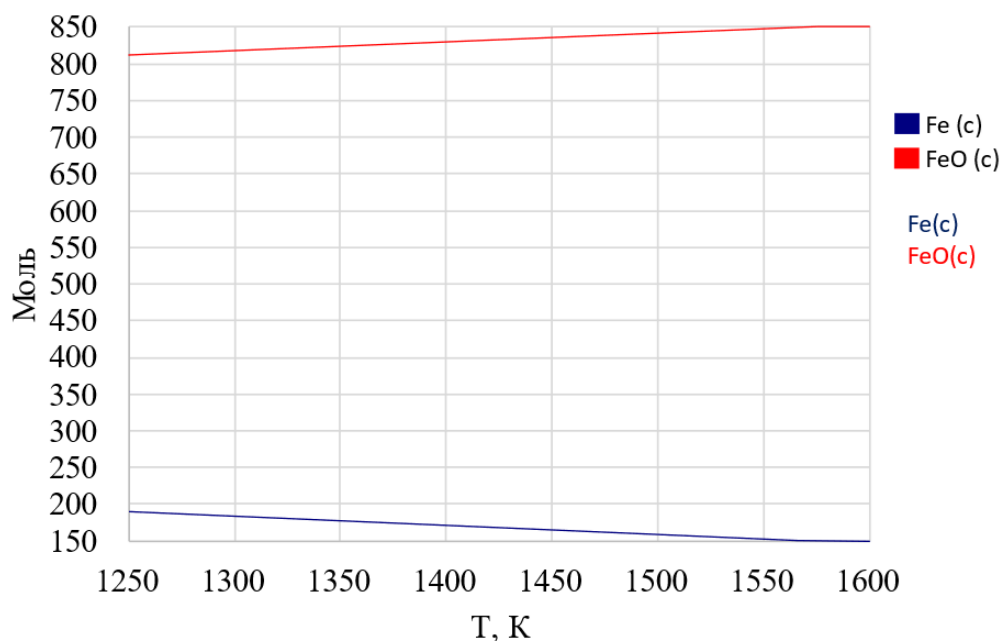


Рис. 1 – Термодинамическое моделирование окислительной среды

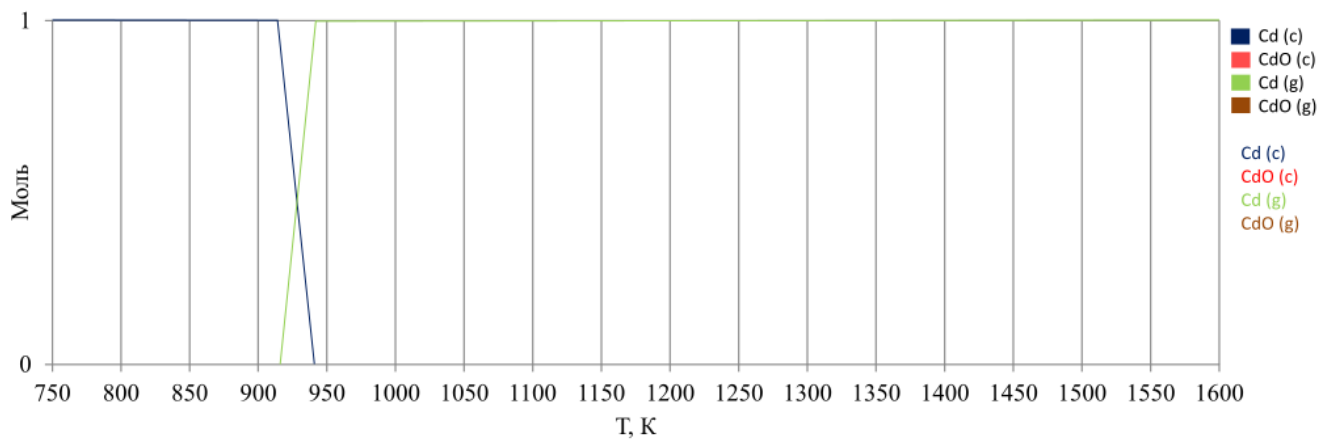


Рис. 2 – Поведение кадмия в восстановительных зонах доменной печи

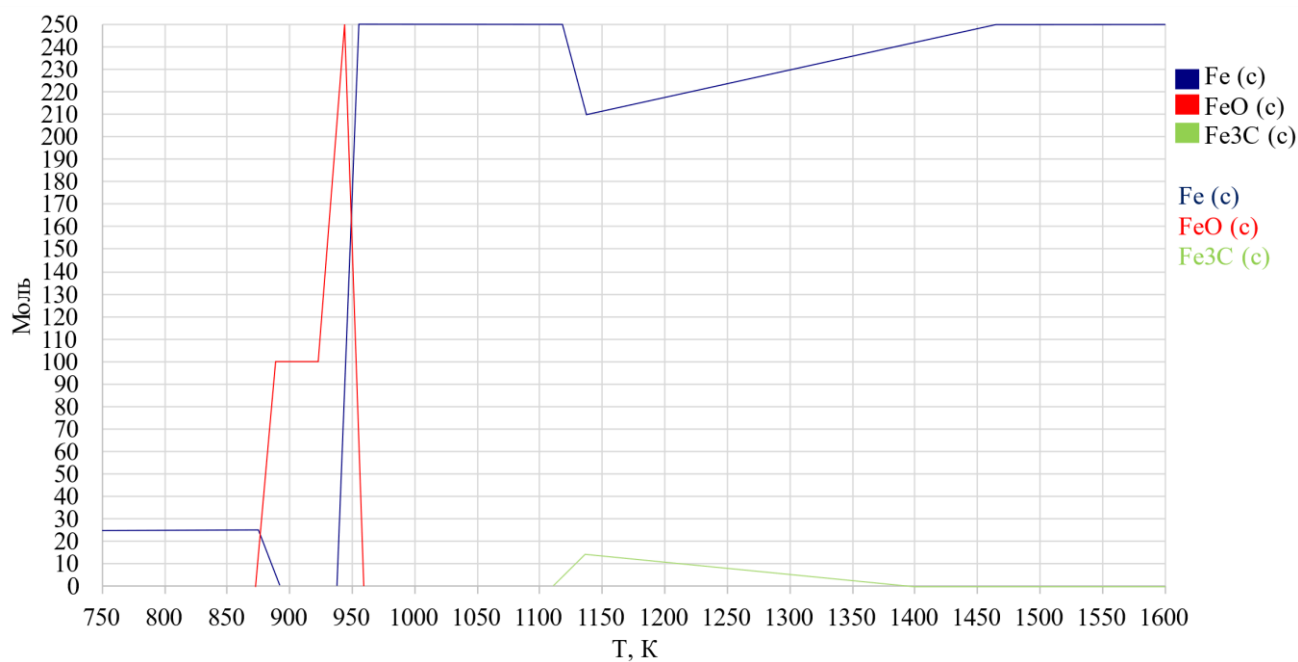


Рис. 3 – Моделирование восстановительной среды

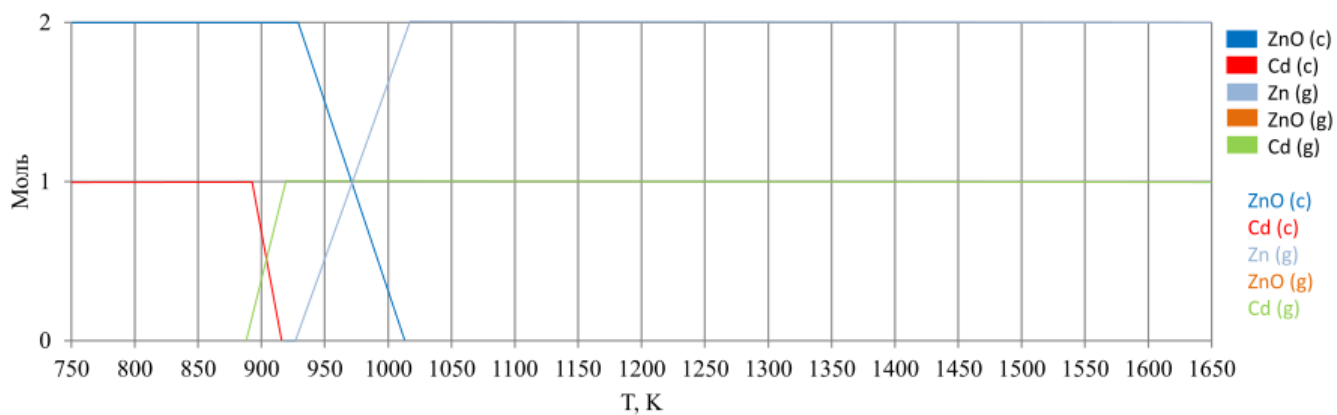


Рис. 4 – Моделирование поведения кадмия и цинка в восстановительной среде

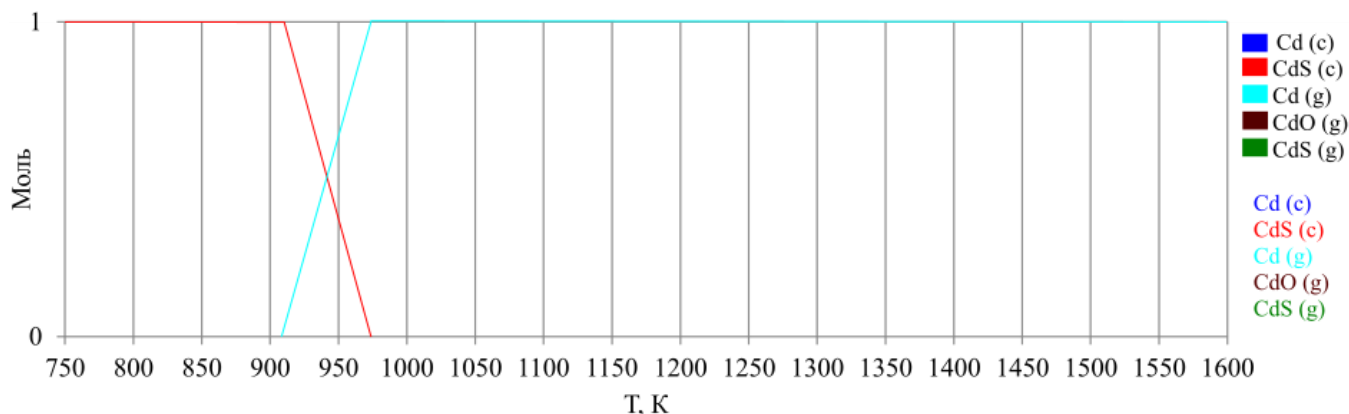


Рис. 5 – Моделирование поведения кадмия и серы в восстановительной зоне

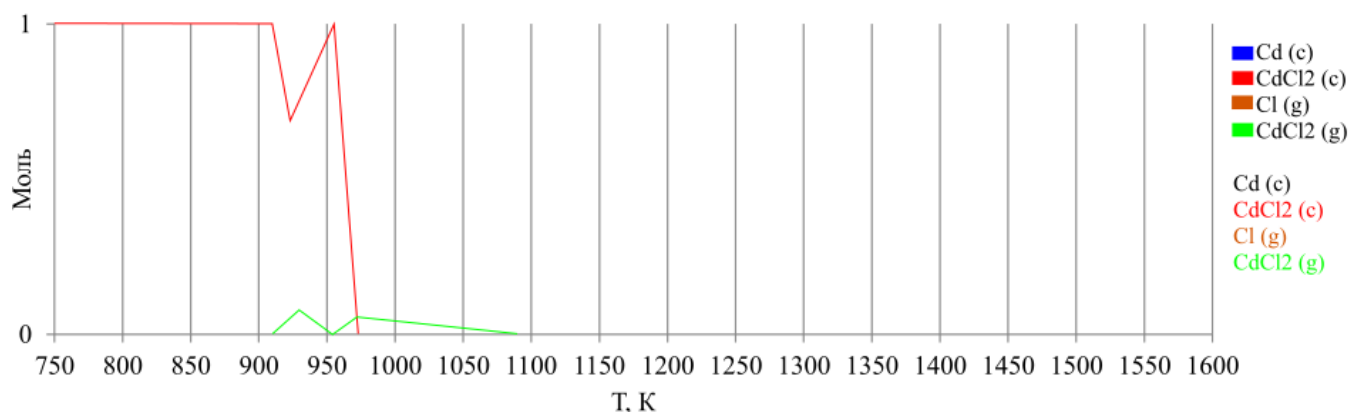


Рис. 6 – Моделирование поведения кадмия и хлора в восстановительной зоне

Заключение

По результатам проведенного термодинамического анализа можно сделать предварительный вывод – кадмий в условиях доменного процесса имеет тенденцию уходить в газовую среду металлургического агрегата. Переход его в шлак или в металл не обнаружен.

В заключение можно отметить, что приведенные результаты не являются окончательными и требуют дальнейших теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия компонентов гальваношламов с веществами присутствующими в домне в процессах получения металла.

Из ряда проведенных термодинамических расчетов видно, что кадмий во всех случаях переходит в газообразное состояние, тем самым улетучивается, не оставаясь в шихте и не переходя в состав выплавляемого материала.

Имеющаяся вредная примесь – сера, напротив, остается в шихте, и не удаляется. Не смотря на отсутствие фактического термодинамического анализа в данной работе, ясно, что подобный механизм будет присущ и в отношении фосфора.

В итоге, данные предварительные расчеты и анализ показывают необходимость в дальнейших исследованиях взаимодействия компонентов гальваношламов с компонентами шихты доменного процесса.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Черноусов П.И. Поведение микроэлементов в доменной печи / П.И. Черноусов, О.В. Голубев – Кишинев: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 112 с.
2. Trinkel V. Behavior of Chromium, Nickel, Lead, Zinc, Cadmium, and Mercury in the Blast Furnace A Critical Review of Literature Data and Plant Investigations. / V. Trinkel, et al. // Industrial & engineering chemistry research. – 2015. – 54.47. – p. 11759–11771.
3. Chernousov P.I. Methodology for analyzing microelement behavior in blast furnace smelting. / P.I. Chernousov, O.V. Golubev, A.L. Petelin // Metallurgist. – 2012. – 55. – p. 651.
4. Qu Z. Stepwise extraction of Fe, Al, Ca, and Zn: A green route to recycle raw electroplating sludge. / Z. Qu, et al. // Journal of Environmental Management. – 2021. – 300.
5. Pinto F.M. Treatment, reuse, leaching characteristics and genotoxicity evaluation of electroplating sludge. / F.M. Pinto, et al. // Journal of Environmental Management. – 2021. – 280.
6. Рубанов Ю.К. Методы снижения воздействия отходов гальванического производства на окружающую среду. / Ю.К. Рубанов, Ю.Е. Токач // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2009. – № 4. – с. 113-115.
7. Кузнецова Е.Ю. Проблемы и решения переработки и утилизации сточных вод гальванических производств. / Е.Ю. Кузнецова, А.К. Акулова, А.В. Мотовилов // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – 3-4 (24). – с. 109-112.

8. Синюшкин А.Н. Утилизация гальванических шламов. / А.Н. Синюшкин, В.И. Супрунчук, И.В. Иванюк и др. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 2, № 14 (56). – с. 58-61.
9. Программный комплекс ИВТАНТЕРМО [Электронный ресурс] // НИЦ-1 ТЭС ОИВТ РАН. – 2018. – URL: <http://ihed.ras.ru/~thermo/ivtanthermo.htm>. (дата обращения: 12.12.21)
10. Диаграммы состояния двойных металлических систем / под общей редакцией Лякишева; Т.1, - М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chernousov P.I. Povedenie mikroelementov v domennoj pechi [Behavior of trace elements in a blast furnace] / P.I. Chernousov, O.V. Golubev – Kishinev: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 112 p. [in Russian]
2. Trinkel V. Behavior of Chromium, Nickel, Lead, Zinc, Cadmium, and Mercury in the Blast Furnace A Critical Review of Literature Data and Plant Investigations. / V. Trinkel, et al. // Industrial & engineering chemistry research. – 2015. – 54.47. – p. 11759–11771.
3. Chernousov P.I. Methodology for analyzing microelement behavior in blast furnace smelting. / P.I. Chernousov, O.V. Golubev, A.L. Petelin // Metallurgist. – 2012. – 55. – p. 651.
4. Qu Z. Stepwise extraction of Fe, Al, Ca, and Zn: A green route to recycle raw electroplating sludge. / Z. Qu, et al. // Journal of Environmental Management. – 2021. – 300.
5. Pinto F.M. Treatment, reuse, leaching characteristics and genotoxicity evaluation of electroplating sludge. / F.M. Pinto, et al. // Journal of Environmental Management. – 2021. – 280.
6. Rubanov Yu.K. Metody snizheniya vozdeystviya otkodov gal'vanicheskogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredu [Methods of reducing the impact of galvanic waste on the environment]. / Yu.K. Rubanov, Yu.E. Tokach // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov]. – 2009. – № 4. – p. 113-115. [in Russian]
7. Kuznecova E.Yu. Problemy i resheniya pererabotki i utilizatsii stochny'x vod gal'vanicheskix proizvodstv [Problems and solutions recycling and disposal of sewage electroplating]. / E.Yu. Kuznecova, A.K. Akulova, A.V. Motovilov // Evrazijskij Soyuz Ucheny'x [Eurasian Union of Scientists]. – 2016. – 3-4 (24). – p. 109-112. [in Russian]
8. Sinyushkin A.N. Utilizatsiya gal'vanicheskix shlamov [Utilization of galvanic sludge]. / A.N. Sinyushkin, V.I. Suprunchuk, I.V. Ivanyuk et al. // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovy'x tekhnologij [Eastern European Journal of Advanced Technologies]. – 2012. – Т. 2, № 14 (56). – p. 58-61. [in Russian]
9. Programmny'j kompleks IVTANTERMO [IVTANTERMO software package] [Electronic source] // SIC-1 TPP OIVT RAS. – 2018. – URL: <http://ihed.ras.ru/~thermo/ivtanthermo.htm>. (accessed: 12.12.21) [in Russian]
10. Diagrammy sostojaniya dvoynyh metallicheskih sistem [Diagrams of the state of double metal systems] / under the general editorship of Lyakishev; vol.1, - М.: Mechanical Engineering, 1996. - 992 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.005>

РАСЧЕТ РЕСУРСА СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ ПО КРИТЕРИЮ ПРЕДЕЛЬНОГО ИЗНОСА С УЧЕТОМ ПЕРЕМЕННОГО РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ

Научная статья

Зайцев А.В.*

ORCID: 0000-0001-8056-636X,

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

* Корреспондирующий автор (zaitsev.zaw[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье представлено краткое описание причин выхода из строя приводов машин на основе передач зацеплением, а также передач червячного класса, в результате их эксплуатации и действия контактных нагрузок на активных поверхностях зубьев зубчатых колес, что приводит к неисправностям, поломкам, отказам в виде износа, задигов, истирания. Описан существующий метод расчета на выносливость с учетом переменности нагрузок и количества циклов их действия на контактную выносливость и на выносливость зубьев при изгибе, используемый при расчетах на прочность прямозубых и косозубых цилиндрических передач, а также представлен анализ методов оценки ресурса зубчатых передач.

Обоснована необходимость создания метода оценки ресурса по условию предельного износа спироидных передач с учетом ступенчатого режима действия нагрузок на выходном валу редуктора.

Представленный метод прогнозирования спироидных передач по износу позволяет учитывать ступенчатый режим нагружения приводов подъемно-транспортных машин. И с использованием экспериментально полученной зависимости интенсивности изнашивания зубьев спироидного колеса от значений вращающего момента на выходном валу спироидного редуктора рассчитать ресурс спироидной передачи с учетом эквивалентного вращающего момента.

Ключевые слова: износ; интенсивность изнашивания; спироидная передача, эквивалентный вращающий момент, износостойкость, электропогрузчик, кабелесборочный механизм, редуктор.

A CALCULATION OF THE RESOURCE OF SPIROID GEARS ACCORDING TO THE CRITERION OF MARGINAL WEAR, TAKING INTO ACCOUNT VARIABLE LOADING CONDITIONS

Research article

Zaytsev A.V.*

ORCID: 0000-0001-8056-636X,

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

* Corresponding author (zaitsev.zaw[at]yandex.ru)

Abstract

The article presents a brief description of the causes of failure of machine drives based on gear transmission, as well as worm-class gears as a result of their operation and the effect of contact loads on the active surfaces of gear teeth, which leads to malfunctions, breakdowns, failures in the form of wear, scuffing, abrasion. The article describes the existing method of calculating endurance, taking into account the variability of loads and the number of cycles of their action on contact endurance and on the endurance of teeth during bending used in calculations for the strength of straight-toothed and oblique cylindrical gears, and features an analysis of methods for assessing the resource of gears.

The study also substantiates the necessity of creating a method of resource estimation based on the condition of the wear limit of spiroid gears, taking into account the stepped mode of action of loads on the output shaft of the gearbox.

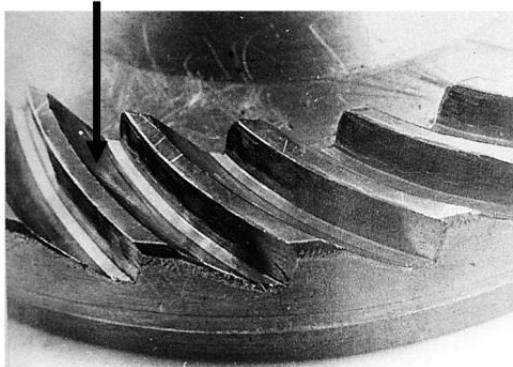
The presented method of predicting spiroid gears by wear allows for taking into account the stepped loading mode of the drives of lifting and transport machines. And using the experimentally obtained dependence of the wear intensity of the teeth of the spiroid wheel on the values of the drive torque on the output shaft of the spiroid gearbox, calculate the resource of the spiroid transmission taking into account equivalent torque.

Keywords: wear; wear intensity; spiroid transmission, equivalent drive torque, wear resistance, electric loader, cable assembly mechanism, gearbox.

Введение

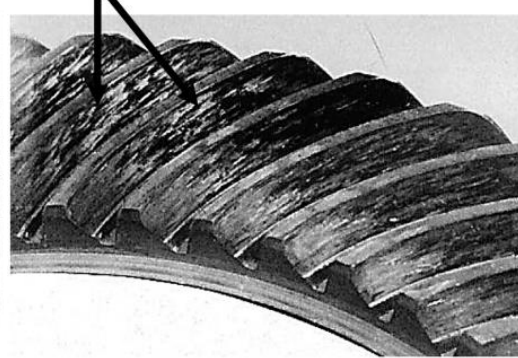
Разрушения активных поверхностей звеньев в виде износа, задигов по боковым поверхностям зубьев и изломы, образующиеся в процессе эксплуатации механизмов грузоподъемных, строительных, дорожных машин при постоянных или переменных в течение времени нагрузок в зацеплениях зубчатых передач приводит к преждевременному выходу из строя механизмов данного вида машин [1, С. 40]. Для зубчатых передач, основной причиной отказа является износ и заедание зубьев (рис. 1).

Износ зуба



а)

Задир на поверхностях зубьев



б)

Рис. 1 – Зубья спиральных колес:
а – износ зуба; б – задир на поверхностях зубьев

Для расчетов на усталостную прочность прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых передач со стальными колесами, согласно ГОСТ 21354-87 (СТ СЭВ 5744-86) используют график (рис. 2) учитывающий действие максимальной нагрузки $F_{t(1)}$ на контактную выносливость и на выносливость зубьев при изгибе при переменных режимах нагружения в механизмах приводов машин.

Особенностью эксплуатации приводов подъемно-транспортных машин является ступенчатый (переменный) режим нагружения с изменением значений вращающих моментов на выходном валу редуктора за продолжительность рабочего времени цикла. Условия работы самих машин при данных режимах приводят к изменению окружной скорости и нагрузок, а также к увеличению контактных напряжений, следствием чего является разрушение поверхности зубьев контактирующих звеньев и износ [2, С. 43].

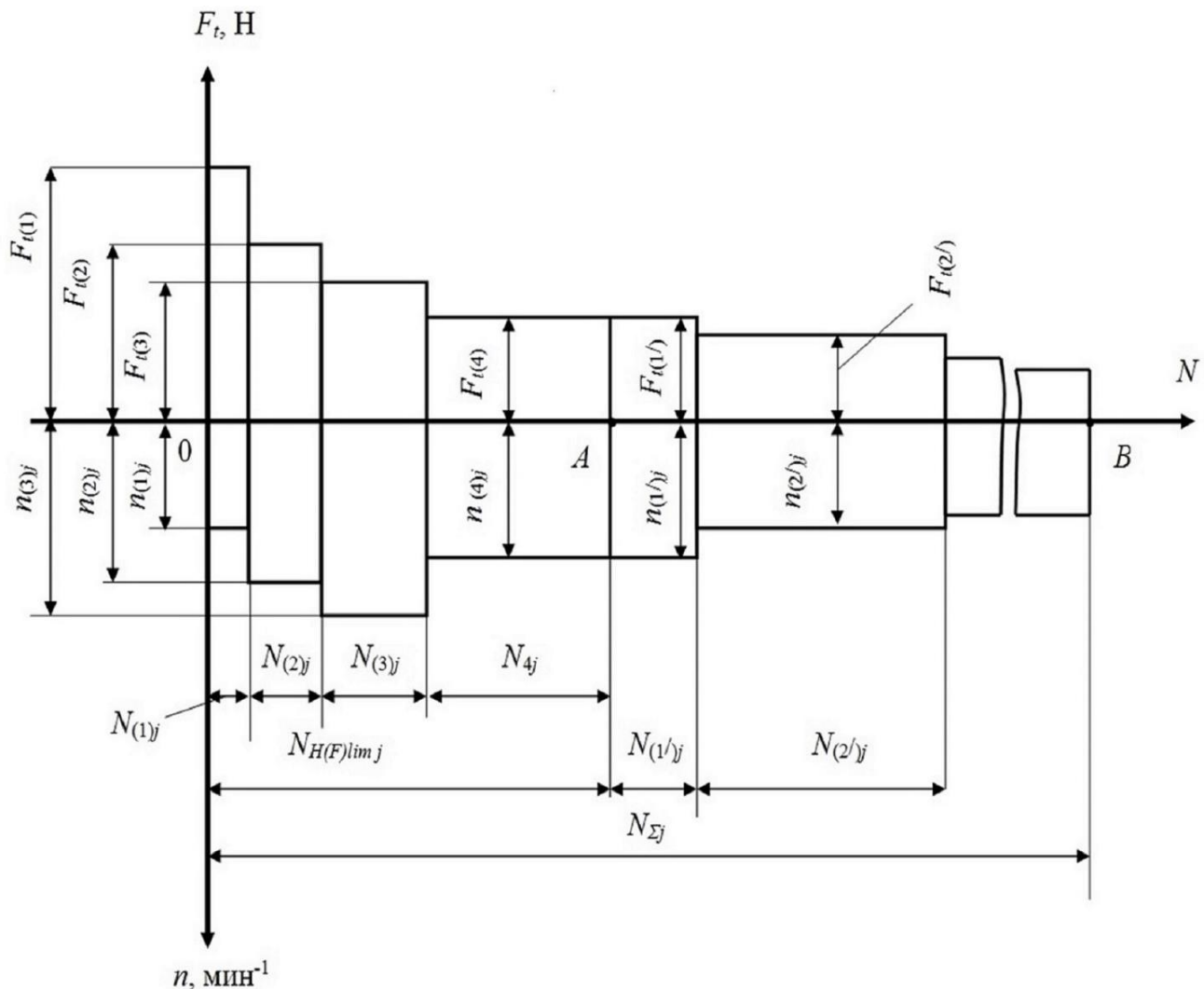


Рис. 2 – График, характеризующий режим работы зубчатой пары

В таблице 1 представлен литературный обзор и анализ методов оценки ресурса зубчатых передач, а также результаты экспериментальных исследований, проведенные исследователями в области передач зацеплением.

Таблица 1 – Анализ методов оценки ресурса зубчатых передач

Номер источника	Название зубчатой передачи и элементов	Критерий оценки	Результат
[3, С. 30]	Зубчатая прямозубая цилиндрическая передача	Предельный допустимый износ [h]	Ресурс зубчатой передачи с использованием типичных значений ее параметров и условий нагружения составил 3453 часа. При выборе более износостойких материалов зубьев шестерни и колеса с интенсивностью изнашивания 10^{-11} . Ресурс составил 3453000 часа.
[4, С. 53]	Зубчатая цилиндрическая косозубая передача	Предельный допустимый износ [h]	При экспериментально установленном значении интенсивности изнашивания зубьев шестерни и колеса $J_{h1} = J_{h2} = 4,9 \cdot 10^{-8}$ ресурс работы в соответствии с расчетной формулой составил 1375 часов.
[5, С. 57]	Передача винт-гайка скольжения	Предельный допустимый износ [h]	Ресурс работы передачи равен: при $\sigma_H=1$ МПа $N=106376$ рабочих ходов; при $\sigma_H=5$ МПа $N=5000$ рабочих ходов; при $\sigma_H=10$ МПа $N=1341$ рабочий ход.
[6, С. 7]	Зубчатые механизмы электромеханических приводов	Предельный допустимый износ [h]	Экспериментальное значение интенсивности изнашивания для зубчатых колес из стали 30ХГСА (со смазкой) для установившегося режима изнашивания при 200 часах испытаний составило $0,8 \cdot 10^{-8} \dots 20 \cdot 10^{-8}$
[7, С. 45]	Коническая ортогональная прямозубая передача	Предельный допустимый износ [h]	При экспериментальном значении интенсивности изнашивания $J_{h1}=J_{h2} = 5,0 \cdot 10^{-8}$. Ресурс работы зубчатой передачи равен 765 часам (в предположении, что нормальная нагрузка по линии зацепления передается одной парой зубьев).
[8, С. 4]	Червячная передача	Предельный допустимый износ [h]	Для передач с червячными колесами, выполненными из оловянистой бронзы Бр.06Ф1,5 НВ2=100НВ и полированными червяками из цементируемой стали 18ХГТ HRC1 = 57...64HRC, с использованием смазочный материал: масло минеральное трансмиссионное ТМ6-18 (зарубежный аналог SAE85W_90) экспериментальное значение интенсивности изнашивания зубьев червячного колеса составило $0,5 \cdot 10^{-9} \dots 10 \cdot 10^{-9}$
[9, С. 105]	Червячная передача	Скорость изнашивания v_n Потеря массы Δm	Для масел на минеральной основе с присадками Kluber скорость изнашивания составила $0,0001 \dots 0,012$ мкм/ч, потеря массы составила $0,0001 \dots 1,25$ г; для масел на основе полигликоля скорость изнашивания составила $0,055 \dots 2,1$ мкм/ч, потеря массы $1,25 \dots 21,06$ г за 300 часов испытаний.
[10, С. 605]	Зубчатые передачи авиационных и морских систем связи	Предельный допустимый износ [h]	Вероятностный метод оценки.

Из таблицы 1 следует, что основным критерием оценки ресурса зубчатых передач является предельно допустимый износ [h], а параметром, особо влияющим при расчете ресурса, является интенсивность изнашивания J_h зубьев шестерни и колеса. Также из таблицы видно, что для увеличения ресурса эксплуатации передач зацеплением применяются определенные технологии упрочнения поверхностных слоев зубьев шестерни и колеса, а также использование присадок к трансмиссионным маслам на минеральной основе.

Наряду с червячными передачами в различных областях техники нашли применение спироидные передачи, которые относятся к червячному типу (рис. 3 [11], [12], [13]). Они получили широкое распространение в приводах механизмах грузоподъемных машин и транспортирующего оборудования, работающих как при постоянном режиме нагружения так и при режимах с изменением значений вращающих моментов.

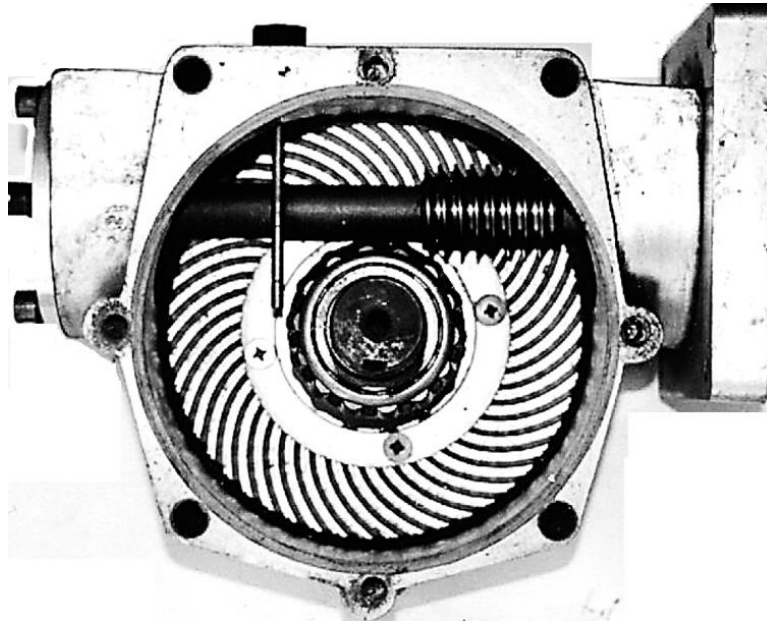


Рис. 3 – Червяк и спироидное зубчатое колесо

Для значительного числа приводов механизмов грузоподъемных, строительных и дорожных машин, эксплуатация которых производится в условиях ступенчатого нагружения на рабочем оборудовании в течение цикла, создание метода оценки ресурса спироидной передачи по износу, учитывающего переменность действия значений вращающего момента на выходном звене редуктора, является актуальной задачей.

Методы исследования

На рисунке 4 приведены экспериментальные зависимости интенсивности $J_{иср}$ изнашивания и ресурса L зубьев спироидного колеса от значений вращающего момента на выходном валу спироидного редуктора T_i привода кабелесборочного механизма электропогрузчика. Для кабелесборочного механизма характерны режимы эксплуатации, при которых значительно изменяются полезные сопротивления на выходном валу спироидного редуктора и длительность их действия в течение цикла работы. Это связано с изменением условий и организации производства работ электропогрузчика.

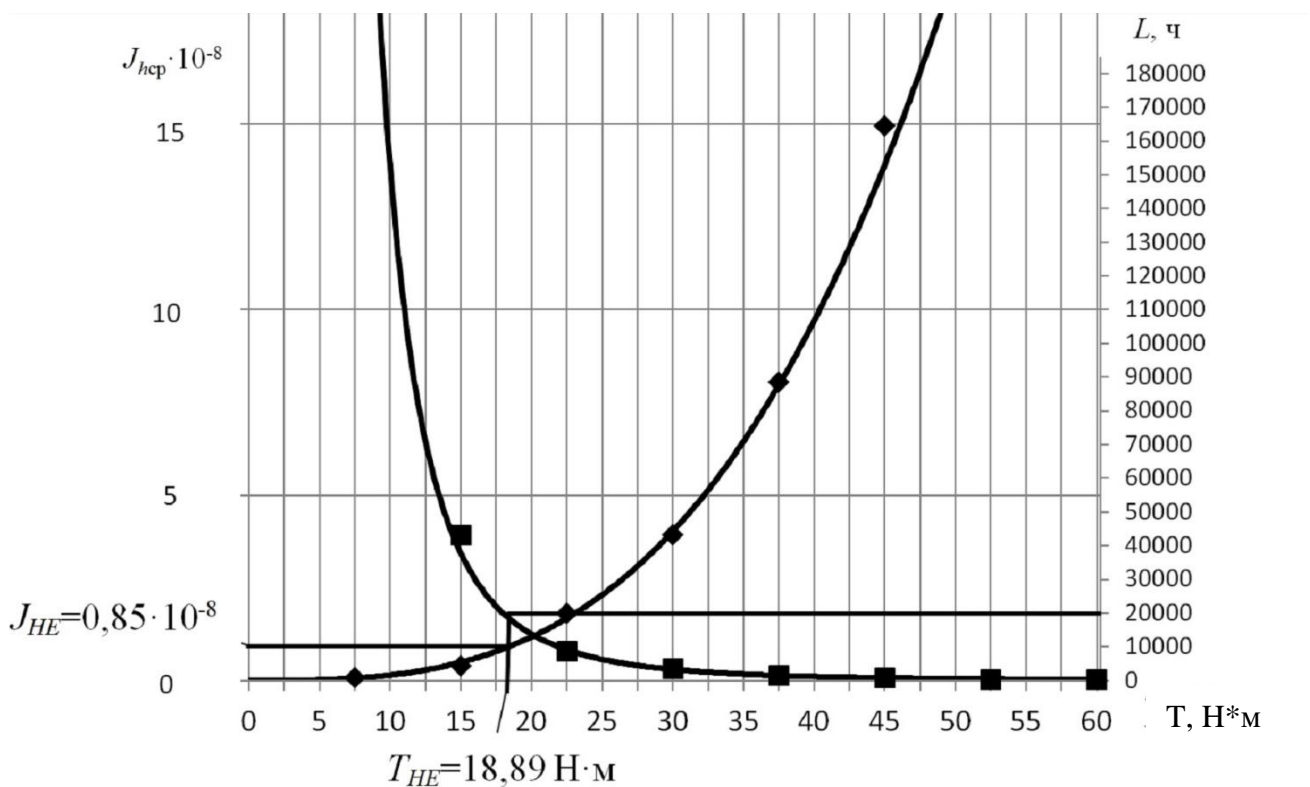


Рис. 4 – Экспериментальные графики зависимости интенсивности изнашивания и ресурса спироидного колеса от значений вращающего момента на выходном валу спироидного редуктора привода кабелесборочного механизма РС-31,5-49

Примечание: используемое трансмиссионное масло CAT TDTO SAE 30 API GL-3 (ТМ-3-9 ГОСТ 17479.2 - 85); материал червяка: Сталь 45; материал колеса: бронза БрА9Ж4; температура масла в редукторе $T_m = 70^\circ\text{C}$

Экспериментальные исследования проводились на стенде метода диско-роликовой аналогии [14]. Стенд позволяет моделировать в широких диапазонах следующие необходимые параметры спироидного зацепления: скорость скольжения, длину контактной линии, удельную нагрузку, приведенный радиус кривизны, контактное напряжение, эксплуатационные свойства и параметры смазочного масла, температуру смазочного масла, материалы звеньев пары, твердость поверхностей витка червяка и зуба колеса, параметры состояния поверхностей витка червяка и зуба колеса [15].

Данные зависимости $J_{\text{ср}}=F(T_i)$ и $L=F(T_i)$ позволяют найти интенсивность изнашивания зуба спироидного колеса для соответствующего значения эквивалентного вращающего момента T_{HE} , а также определить ресурс, с учетом установленного графика переменного (ступенчатого) нагружения на валу редуктора. Ниже представлен порядок расчета ресурса спироидного редуктора в приводе кабелесборочного механизма электропогрузчика на основе полученных экспериментальных зависимостей при соответствующих режимах эксплуатации привода.

Результаты исследования

Расчет ресурса спироидного редуктора в приводе кабелесборочного механизма электропогрузчика

1. Эквивалентный вращающий момент на выходном валу спироидного редуктора T_{HE} , Н·м:

$$T_{HE} = T_{\max} \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 \cdot \frac{N_i}{N_{\Sigma}}} \quad (1)$$

где $T_{\max}=30$ Н·м-максимальный рабочий вращающий момент; T_i/T_{\max} -относительное значение вращающего момента на i -й ступени нагружения выходного вала редуктора (рис. 5); N_i/N_{Σ} -относительное количество циклов действия относительного значения вращающего момента на i -й ступени нагружения выходного вала редуктора (рис. 5); n -число ступеней нагружения выходного вала редуктора.

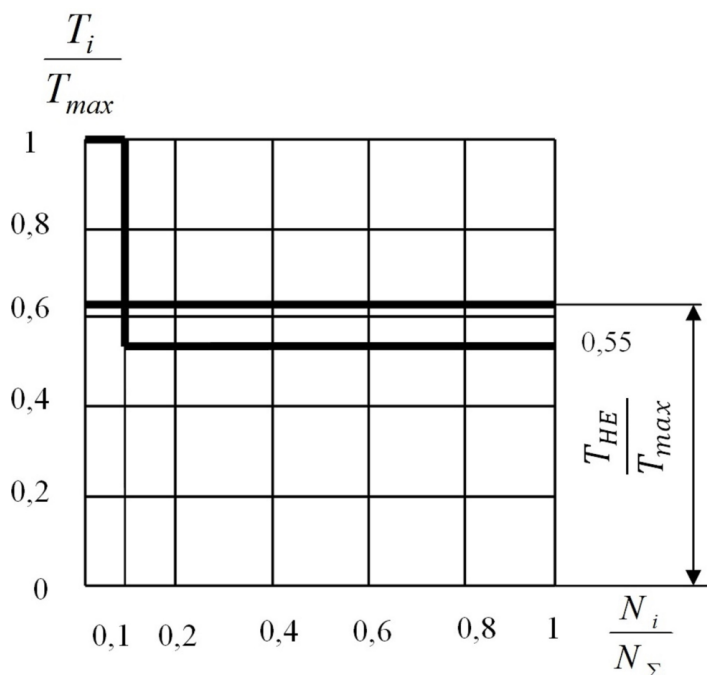


Рис. 5 – График ступенчатого нагружения выходного вала спироидного редуктора привода кабелесборочного механизма электропогрузчика

$$T_{HE} = 30 \cdot \sqrt[3]{1^3 \cdot 0,1 + 0,55^3 \cdot 0,9} = 18,89 \text{ Н·м.}$$

2. Удельная расчетная сила в зацеплении соответствующая эквивалентному вращающему моменту T_{HE} , Н/мм:

$$w_{HE} = \frac{T_{HE}}{T_{\max}} w_{HE\max} \quad (2)$$

где $w_{HE\max}=129$ Н/мм-удельная расчетная сила в зацеплении соответствующая максимальному рабочему вращающему моменту T_{\max} .

$$w_{HE} = \frac{18,89}{30} \cdot 129 = 81,23 \text{ Н/мм.}$$

3. Прогнозируемый ресурс спироидного редуктора L , часах [16]:

$$L = \frac{[h_2]}{60 \cdot 2,25 \cdot J_{HE} \sqrt{w_{HE} \eta (\rho_{red1,2})_R} \frac{V_{SY2}}{V_{FY2}} n_2 i} \quad (3)$$

где $[h_2]=1,11$ мм.-предельно допустимый износ зубьев спироидного колеса; J_{HE} -экспериментально определенное значение интенсивности изнашивания материала спироидного колеса соответствующая эквивалентному вращающему моменту T_{HE} (определяется по графику рисунок 4); $\eta=1,4 \cdot 10^{-5}$ мм²/Н-упругая постоянная соприкасающихся звеньев; $(\rho_{red1,2})_R=18$ мм.-приведенный радиус кривизны в расчетной точке контакта зубьев колеса для правого делительного осевого угла профиля витков; $n_2=28$ об/мин-номинальная частота вращения выходного вала; $V_{SY2}=1497$ мм/с-скорость скольжения в расчетных точках профиля зубьев колеса; $V_{FY2}=124$ мм/с-окружная скорость в расчетных точках профиля зубьев колеса; $i=1$ -число пар зацепления с рассматриваемым зубчатым колесом.

$$L = \frac{1,11}{60 \cdot 2,25 \cdot 0,85 \cdot 10^{-8} \sqrt{81,23 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 18} \cdot \frac{1497}{124} \cdot 28} = 20000 \text{ часов}$$

Заключение

1. Полученная с использованием результатов исследования на стенде метода диско-роликовой аналогии экспериментальная зависимость интенсивности изнашивания J_h зубьев спироидного колеса от значений вращающего момента на выходном валу спироидного редуктора T_i , позволяет определить значение интенсивности изнашивания J_{HE} соответствующее эквивалентному вращающему моменту T_{HE} и оценить ресурс спироидного редуктора в условиях ступенчатого режима нагружения.

2. Разработан алгоритм оценки ресурса спироидной передачи по условию предельного износа зубьев спироидного колеса на основе экспериментальной зависимости $J_h=F(T_i)$ с учетом эквивалентного вращающего момента.

Перспективой дальнейшей разработки исследования может явиться: исследование влияния интенсивности изнашивания на ресурс спироидной передачи в зависимости от нагрузки на выходном валу спироидного редуктора при различных сочетаниях конструкционных, смазочных материалов и температурных режимов эксплуатации.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Дроздов Ю.Н. Метод расчета на износ зубчатых передач / Ю.Н. Дроздов // Передачи и трансмиссии, №2, 2002. С.-37-43.
2. Анферов В.Н. К расчету зубчатых и червячных передач при переменных режимах нагружения / В.Н. Анферов, А.В. Зайцев // Вестник СГУПС. 2016. №4. С. 40-46.
3. Куксенова Л.И. Повышение ресурса работы зубчатых передач на основе выбора технологий упрочнения рабочих поверхностей зубьев / Л.И. Куксенова, С.А. Поляков, М.С. Алексеева и др. // Вестник научно-технического развития.-2019. №3.-С.24-36.
4. Павлов В.Г. Ресурс работы цилиндрической косозубой зубчатой передачи по условию предельно допустимого износа / В.Г. Павлов, В.Д. Яговитов // Проблемы машиностроения и надежности машин.-2009. №4. С. 50-55.
5. Павлов В.Г. Ресурс работы передачи винт-гайка скольжением / В.Г. Павлов // Проблемы машиностроения и надежности машин.-2004. №5. С 54-59.
6. Тимофеев Г.А. Расчет ресурса работы зубчатых механизмов электромеханических приводов / Г.А. Тимофеев, С.И. Красавин, П.Н. Сильченко // Инженерный журнал: наука и инновации-2017. №6. С.1-9.
7. Павлов В.Г. Расчетная оценка износа, ресурса работы и КПД конической ортогональной прямозубой зубчатой передач / В.Г. Павлов // Проблемы машиностроения и надежности машин.-2011. №5. С 44-52.
8. Андриенко Л.А. Ресурс работы червячной передачи по критерию изнашивания / Л.А. Андриенко, В.А. Вязников // Известия вузов. Машиностроение.-2011.-№4.-С.3-6.
9. Siebert H. Worm Gears-Higher Energy Efficiency and Less Strain on Resources / H. Siebert // International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 6, May-2011. PP 103-108
10. Petrov N. Study on the determination of the technical resources for toothed gear mechanisms of marine and aviation communication systems / N. Petrov, L. Staneva, Y. Petrov et al. // International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 6, June-2018. PP 603-610
11. Saari O.E. Patent 2954704 USA. Skew-axis gearing / O.E. Saari. published on 04-Oct-1960
12. Saari O.E. Speed-Reduction Gearing / O.E. Saari, Patent USA №2696125, 1954
13. Гольдфарб В.И. Экспериментальные исследования низкоскоростных тяжело нагруженных спироидных редукторов / В.И. Гольдфарб, Е.С. Трубачев, А.С. Кузнецов и др. // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. № 1 (23). С. 31-36
14. Гольдфарб В.И. Перспективы и практика применения спироидных передач в приводах трубопроводной арматуры / В.И. Гольдфарб, Е.С. Трубачев, А.С. Кузнецов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 5-2. С. 61-74.
15. Анферов В.Н. Расчет ресурса спироидного редуктора в приводе кабелесборочного механизма электропогрузчика / В.Н. Анферов, А.П. Ткачук, А.В. Зайцев // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2017. Т. 20, № 2. С. 24–28.

16. Zaitsev A. Calculation of the resource of spiroid transmissions from wear in the step of loading mode / A. Zaitsev // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 403 012221

Список литературы на английском языке / References in English

1. Drozdov Yu.N. Metod rascheta na iznos zubchatykh peredach [Method of calculation for gear wear] / Yu.N. Drozdov // Peredachi i transmissii [Transmission and drivetrain], No. 2, 2002. P.-37-43. [in Russian]

2. Anferov V. N. K raschetu zubchatykh i chervyachnykh peredach pri peremennykh rezhimakh nagruzheniya [To calculate toothed and worm gears under variable loading regimes] / V. N. Anferov, Zaitsev A. V. // Vestnik SGUPS [Bulletin of the Siberian transport University]. 2016. No. 4. p. 40-46. [in Russian]

3. Kuksenova L. I. Povyshenie resursa raboty zubchatykh peredach na osnove vybora tekhnologiy uprochneniya rabochnykh poverhnostey zub'ev [Increased service life of gears based on the choice of technology of hardening of the working surfaces of the teeth] / L. I. Kuksenova, S. A. Polyakov, M. S. Alekseeva et al. // Vestnik nauchno-tehnicheskogo razvitiya [Bulletin of scientific and technical development].-2019. No. 3.-p.24-36. [in Russian]

4. Pavlov V. G. Resurs raboty cilindricheskoy kosozuboy zubchatoj peredachi po usloviyu predel'no dopustimogo iznosa [a Resource of operation of helical spur gear by the condition of maximum permissible wear] / V. G. Pavlov, V. D. Agapitov // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin [problems of mechanical engineering and reliability of machines].-2009. №4. P. 50-55. [in Russian]

5. Pavlov, V. G. Resurs raboty peredachi vint-gajka skol'zheniem [the life of the transmission screw-nut sliding] / V. G. Pavlov // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin [Problems of mechanical engineering and reliability of machines].-2004. No. 5. With 54-59. [in Russian]

6. Timofeev G. A. Raschet resursa raboty zubchatykh mekhanizmov jelektromekhanicheskikh privodov [Calculation of the service life of gear mechanisms, electro-mechanical actuators] / G. A. Timofeev, S. I. Krasavin, P. N. Silchenko // Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii [Engineering Journal: Science and Innovation]-2017. No. 6. pp.1-9. [in Russian]

7. Pavlov V. G. Raschetnaya ocenka iznosa, resursa raboty i kpd konicheskoy ortogonal'noj prjamozuboj zubchatoj peredach [Estimation of wear and tear, the service life and efficiency of orthogonal conical spur gear] / V. G. Pavlov // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin [Problems of mechanical engineering and reliability of machines].-2011. №. 5. P. 44-52. [in Russian]

8. Andrienko, L. A. Resurs raboty chervyachnoj peredachi po kriteriju iznashivaniya [the life of the worm gear on the criterion of wear] / L. A. Andrienko, V. A. Vyazniki // Izvestiya vuzov. Mashinostroyeniye [Izvestiya vuzov. Mechanical engineering].-2011.-No.4.-pp.3-6. [in Russian]

9. Siebert H. Worm Gears-Higher Energy Efficiency and Less Strain on Resources / H. Siebert // International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 6, May-2011. PP 103-108

10. Petrov N. Study on the determination of the technical resources for toothed gear mechanisms of marine and aviation communication systems / N. Petrov, L. Staneva, Y. Petrov et al. // International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 6, June-2018. PP 603-610

11. Saari O.E. Patent 2954704 USA. Skew-axis gearing / O.E. Saari. published on 04-Oct-1960

12. Saari O.E. Speed-Reduction Gearing / O.E. Saari, Patent USA №2696125, 1954

13. Goldfarb V.I. Jeksperimental'nye issledovaniya nizkoskorostnykh tjazhelonagruzennykh spiroidnykh reduktorov [Experimental studies of low-speed heavy-loaded spiroid gearboxes] / V.I. Goldfarb, E.S. Trubachev, A.S. Kuznetsov et al. // Intellektual'nye sistemy v proizvodstve [Intelligent systems in production]. 2014. No. 1 (23). pp. 31-36 [in Russian]

14. Goldfarb V.I. Perspektivy i praktika primeneniya spiroidnykh peredach v privodakh truboprovodnoj armatury [Prospects and practice of using spiroid gears in pipeline valve drives] / V.I. Goldfarb, E.S. Trubachev, A.S. Kuznetsov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki [Izvestiya Tula State University. Technical sciences]. 2011. No. 5-2. pp. 61-74. [in Russian]

15. Panferov V.N. Raschet resursa spiroidnogo reduktora v privode kabelesborochnogo mekhanizma jelektropogruzchika [Calculation of the resource of the spiroid gearbox in the drive of the cable assembly mechanism of electric loaders] / V.N. Anferov, A.P. Tkachuk, A.V. Zaitsev // Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova [Bulletin of M. T. Kalashnikov IzhSTU]. 2017. Vol. 20, No. 2. pp. 24-28. [in Russian]

16. Zaitsev A. Calculation of the resource of spiroid transmissions from wear in the step of loading mode / A. Zaitsev // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 403 012221

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.006>**ВОЗВЕДЕНИЕ СВАЙ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ**

Научная статья

Преснов О.М.¹, Мелихов В.П.^{2,*}, Зайцев С.А.³, Сливина Д.М.⁴^{1, 2, 3, 4} Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (memv[at]mail.ru)

Аннотация

В статье анализируются основные проблемы при строительстве свайных фундаментов в вечномёрзлом грунте, также пути решения проблем, возникающих при использовании свай, описанных в патенте Российской Федерации № 2019112215 на изобретение «Свая, возведенная в вечномёрзлом грунте», заявленном 22.04.2019 года и опубликованном 18.12.2019 года (RU 2709579 C1). Внимание уделяется проблемам возведения свайных фундаментов в условиях регионов Крайнего Севера. Основной задачей стоит найти оптимальную конструкцию и технологию возведения свай, обеспечивающую повышение качества и надежности свайных фундаментов. Обозначена конструкция свайного ствола, выполненного в виде армокаменной конструкции, с учетом особенностей грунта.

Ключевые слова: вечная мерзлота; свайный фундамент; вечномёрзлый грунт; свая; трубчатая металлическая конструкция.

CONSTRUCTION OF PILES IN PERMAFROST CONDITIONS

Research article

Presnov O.M.¹, Melikhov V.P.^{2,*}, Zaytsev S.A.³, Slivina D.M.⁴^{1, 2, 3, 4} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (memv[at]mail.ru)

Abstract

The article analyzes the main problems in the construction of pile foundations in permafrost, as well as ways to solve problems arising with the use of piles described in the patent of the Russian Federation No. 2019112215 for the invention "Pile erected in permafrost", registered on 22.04.2019 and published on 18.12.2019 (RU 2709579 C1). The study focuses on the problems of the construction of pile foundations in the regions of the Far North. The main objective is to find the optimal design and technology for the construction of piles, ensuring an increase in the quality and reliability of pile foundations. The author outlines the design of the pile trunk, made in the form of an armored stone structure, taking into account the characteristics of the soil.

Keywords: permafrost; pile foundation; permafrost; pile; tubular metal structure.

Введение

Вечная мерзлота – это толщи земных пород, не оттаивающие в течение длительного периода времени – от нескольких лет до тысячелетий. Глубина зоны многолетней мерзлоты иногда превышает 1000 метров, грунтовые воды в этой зоне находятся в виде льда.

Вечномёрзлый грунт – это грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет [1].

В России общая площадь районов распространения вечной мерзлоты равна примерно 10,7 млн. км², что составляет около 65% территории страны.

Территории вечной мерзлоты, как и каждая природно-климатическая зона особенна по-своему.

С одной стороны, мерзлый грунт является великолепным основанием для строительства зданий и сооружений, он обладает огромной прочностью и способен воспринимать большие нагрузки. Однако возведение зданий в условиях вечной мерзлоты является достаточно трудоемким и дорогостоящим процессом. Грунт в районах крайнего севера претерпевает сезонные циклы замерзания и оттаивания, подвержен повышению среднегодовых температур и влиянию различных техногенных факторов [2], [3].

Вода, содержащаяся в верхних слоях земли над мерзлым грунтом, замерзая, увеличивается в объеме на 9%, что приводит к вспучиванию земли. Вместе с поднятием грунта приподнимается все, что находится на поверхности земли или в ее верхних слоях. Сложность заключается в том, что вспучивание происходит неравномерно. В результате сооружения деформируются, трескаются и перекашиваются.

Именно виду того, что большая часть ресурсного потенциала России сосредоточено в недрах северных территорий, уже достаточно большой период времени ведутся успешные исследования и проектные разработки различных строительных и инженерных объектов широкого круга сфер промышленности России: нефтегазовой, добывающей, жилищно-строительной и др. Это позволило достичь такой ситуации, что сегодня новые объекты в северных территориях строятся уже не путем проб и ошибок, а на основании научных знаний, для таких сооружений существуют особые требования к проектированию и изысканиям.

Возможная деградация вечной мерзлоты представляет серьёзную проблему для промышленной и социальной инфраструктуры Севера вследствие разрушения зданий, построенных по принципу её постоянства [4].

На сегодняшний день страна стоит перед новым глобальным вызовом. Этот вызов связан с потеплением климата, точнее, с изменением температуры в Северном полушарии. Как свидетельствуют климатологи, в последние 15–20 лет температуры стремительно возрастают, а на территории РФ – с опережением. Это, конечно, приводит к большим последствиям: грунты, находящиеся в районах вечной мерзлоты и вообще природа Севера – многое начинает трансформироваться, приспосабливаться к новым температурам.

На территории России такие грунты залегают в определенных районах, как правило, это преимущественно северные и северо-восточные районы [5].

Основная часть

Чаще всего на объектах, которые находятся в зонах вечной мерзлоты, возводят свайный фундамент.

При возведении свайных фундаментов на вечномёрзлых грунтах необходимо применять основательный подход, ведь промерзшие грунты имеют очень высокую прочность. Чтобы их возвести, нужно применить специальную технологию, вызванную особыми характеристиками грунтового основания.

При проектировании свайного фундамента в зонах вечной мерзлоты следует учитывать влияние на устойчивость и эксплуатационную надежность сооружения таких факторов как недостаточная несущая способность свай, воздействие сил морозного пучения, потеря устойчивости при внезапном оттаивании грунтов, мерзлотно-геоморфологические явления, вызывающие деформации сооружений (бугры пучения, морозобойные трещины, солифлюкционные и провальные образования и наледы) [6].

Основными элементами свайных фундаментов, возводимых в условиях вечной мерзлоты или других специфических условиях, являются буроопускные сваи: металлические, железобетонные, в виде свай-оболочек, трубчатых свай, – вмораживаемые в мерзлый грунт.

На сегодняшний день изучено несколько вариантов фундаментов при применении в условиях вечной мерзлоты, но наиболее выгодным и распространенным фундаментом принято считать свайно-винтовой фундамент [7].

Винтовые сваи имеют большое преимущество в применении перед другими сваями при необходимости устройства фундамента в условиях работы вечной мерзлоты.

Благодаря высокой прочности специального сплава из металла винтовые сваи имеют высокую несущую способность как на сжимающие, так и на выдергивающие нагрузки и могут быть использованы в различных грунтовых условиях.

В отличие от прочих свай, винтовая свая для мёрзлых грунтов представляет собой металлическую трубу и, приваренный к ней, анкер с лопастями, обеспечивающими простое погружение в грунт [8].

Уникальность конструкции винтового наконечника позволяет погружать сваи, не нарушая естественной структуры грунта, при этом обеспечивается максимальная несущая способность свай. Благодаря своему строению свая может выдерживать нагрузки и оставаться стабильной, именно поэтому она получила широкое применение в строительстве сооружений на вечномёрзлых грунтах.

Однако, несмотря на множество преимуществ винтовых свай, существуют ограничения по применению данной конструкции, поэтому не всегда целесообразно ее использование в зонах вечной мерзлоты.

Одним из таких ограничений является использование винтовых свай в грунтах с многочисленными каменными прослойками, в которых повышенное содержание известняка и грунтов скалистой местности. Твердые включения, которые содержатся в грунте, способны привести к повреждению лопастей в процессе установки ствола, следовательно, при завинчивании свая может отклоняться от заданных параметров, что скажется на надежности самой опоры.

В работе [9] проанализированы различные варианты свай для применения в условиях вечной мерзлоты, но их применение не целесообразно по нескольким причинам, основными из которых являются низкая сопротивляемость свай крутящему моменту при оттаивании, а также вероятность потери устойчивости при внезапном оттаивании.

Для повышения несущей способности свай, возводимой в вечномёрзлом грунте, путем обеспечения сопротивляемости свай крутящему моменту при оттаивании был предложен рациональный вариант свай, содержащей трубчатый свайный ствол.

Основными элементами данного сооружения являются:

- свая, содержащая трубчатый свайный ствол, выполненный в виде армокаменной конструкции, которая содержит трубчатый арматурный каркас, заполненный крупным заполнителем в виде камня;
- внешний и внутренний соосно-расположенные цилиндрические каркасы из арматурных стержней;
- поперечные кольца и центраторы, например, радиальные диафрагмы, связывающие цилиндрические каркасы между собой;
- металлическая сетка, скрепленная с арматурными стержнями внешнего и внутреннего каркасов и удерживающая крупный заполнитель в трубчатом пространстве между каркасами, а также охватывающая трубчатый арматурный каркас снаружи;
- раствор глины с цементом.

При возведении свайного фундамента в вечномёрзлом грунте, монтаж свай производят по буроопускной технологии [10], которую осуществляют следующим образом:

1. Пробурируют скважину с диаметром, превышающим сечение трубчатого свайного ствола на 100 – 200 мм, при этом предварительно или параллельно осуществляют сборку трубчатого свайного ствола;
2. Формируют трубчатый арматурный каркас из внешнего и внутреннего соосно-расположенных цилиндрических каркасов из арматурных стержней, объединенных в каждом каркасе поперечными кольцами и центраторами, связывающими каркасы между собой;
3. Снаружи и внутри обтягивают трубчатый арматурный каркас металлической сеткой, используя снаружи более прочную сетку из проволоки с диаметром 0,5 – 1 мм;
4. Скрепляют металлическую сетку с арматурными стержнями внешнего и внутреннего каркасов, например, с помощью вязальной проволоки;
5. Заполняют трубчатое пространство между каркасами с охватывающими их металлическими сетками крупными камнями большего размера, чем ячейки металлической сетки;
6. В разработанную скважину опускают армокаменную конструкцию, установка которой может производиться с помощью лебедочного блока мобильной буровой установки. При этом формируется пространство между трубчатым свайным стволом и стенками скважины;

7. В центральную полость трубчатого свайного ствола заливают горячий раствор глины с цементом, который послойно трамбуют или подают инъекциями под давлением. При этом указанный раствор заполняет также пустоты между крупным заполнителем армокаменной конструкции и пространство между ней и стенками скважины;

8. Осуществляют выдержку конструкции сваи до смерзания.

После окончания всех этапов монтажа заявляемая свая приобретает большую устойчивость в вечномёрзлом грунте за счет смерзания с грунтом по всему сечению конструкции, что является огромным преимуществом данного метода установки свай, так как это способствует повышению сопротивляемости сваи крутящему моменту и сохранению устойчивости при внезапном оттаивании.

Данный метод установки сваи является менее затратным, а также производится без разрушительного ударного воздействия на сваю, что увеличивает прочность и долговечность свайного фундамента.

Заключение

Таким образом, предложенная в патенте свая, содержащая трубчатый свайный ствол, выполненный в виде армокаменной конструкции – относится к области строительства, а именно к строительству свайных фундаментов в особых грунтовых условиях, которые могут быть использованы при возведении конструкций на вечномёрзлых грунтах. Дальнейшее совершенствование конструкции свай, применение автоматизированных средств и технологий позволят сделать возведение фундаментов на сваях, содержащих трубчатый свайный ствол в виде армокаменной конструкции, еще более востребованным в условиях Крайнего Севера.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. СП 25.13330.2020 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах СНиП 2.02.04-88 – Введ. 30.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2021.
2. Каптерев П.Н. Вечная мерзлота и борьба с ней / П.Н. Каптерев // Наука и жизнь, 1936.
3. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов. Учебное пособие / Н.А. Цытович. М.: «Высшая школа», 1973. – 448 с.
4. Гавриш Ю.Е. Теплофизика строительных процессов в условиях вечномёрзлых грунтов / Ю.Е. Гавриш. – Ленинград: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 96 с.
5. Таргулян Ю.О. Рекомендации по устройству свайных фундаментов в вечномёрзлых грунтах / Ю.О. Таргулян, Д.П. Высоцкий, В.С. Неклюдов // НИИОСП, 1985. – 41 с.
6. Руководство по организации строительного производства в условиях Северной зоны / ЦНИИОМТП Госстроя СССР, М.: Стройиздат, 1978. – 113 с.
7. Турдагина, Ю.П. Винтовые сваи в вечномёрзлых грунтах / Ю.П. Турдагина // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. – [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/bWiFL> (дата обращения: 12.01.2022)
8. Свайные основания в условиях вечной мерзлоты Краснояр. политехн. ин-т. – Красноярск: [б. и.], 1963. – 13 с.
9. Преснов О.М. Свая, возведенная в вечномёрзлом грунте / О.М. Преснов, Е.В. Мажанская // Патент РФ № 2709579/18.12.2019.
10. Велли Ю.Я. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах / Ю.Я. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова // Стройиздат, 1977. – 552 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. SP 25.13330.2020 Osnovaniya i fundamenti na vechnomerzlykh gruntakh [Foundations on permafrost soils] Building code (SNiP) 2.02.04-88 - Effective 30.12.2020. - Moscow: Standartinform, 2021. [in Russian]
2. Kapterev P.N. Vechnaya merzlota i bor'ba s nej [Permafrost and the fight against it] / P. N. Kapterev // Nauka i zhizn' [Science and Life], 1936 [in Russian]
3. Tsytovich N.A. Mekhanika merzlykh gruntov. Uchebnoye posobie [Mechanics of frozen soils: a manual] / N. A. Tsytovich Moscow: «Vysshaya shkola», 1973 – 448 p. [in Russian]
4. Gavrish Yu.E. Teplofizika stroitel'nykh processov v usloviyakh vechnomerzlykh gruntov [Thermophysics of construction processes in permafrost soils] / Yu.E. Gavrish. - Leningrad: Stroyizdat. Leningrad Department, 1983. - 96 p. [in Russian]
5. Targulyan Yu.O. Rekomendatsii po ustrojstvu svaynykh fundamentov v vechnomerzlykh gruntakh [Recommendations on the construction of pile foundations in permafrost soils] / Yu. O. Targulyan, D. P. Vysotsky, V. S. Neklyudov // Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures, 1985. - 41 p. [in Russian]
6. Rukovodstvo po organizatsii stroitel'nogo proizvodstva v usloviyakh Severnoy zony [Manual on the organization of construction production in the conditions of the Northern zone] / TSNIOMTP of the Gosstroy of the USSR, Moscow: Stroyizdat, 1978. - 113 p. [in Russian]
7. Turdagina, Yu.P. Vintovye svai v vechnomerzlykh gruntakh [Screw piles in permafrost soils] / Yu. P. Turdagina // Molodezh' i nauka: [Youth and Science: a collection of materials of the 10 th Anniversary All-Russian Scientific and Technical Conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, dedicated to the 80th anniversary of the formation of Krasnoyarsk Krai] [Electronic resource]. - Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014. - URL: <https://clck.ru/bWiFL> (accessed: 12.01.2022) [in Russian]
8. Svaynye osnovaniya v usloviyakh vechnoy merzloty Krasnoyarsk. politekhn. in-t. [Pile foundations in the conditions of permafrost Krasnoyarsk Polytechnic Institute] - Krasnoyarsk: [B. I.], 1963. - 13 p. [in Russian]
9. Presnov O.M. Svaya, vozvedennaya v vechnomerzlykh gruntakh [Pile erected in permafrost soil] / O. M. Presnov, E. V. Mazhanskaya // Patent of the Russian Federation No. 2709579/18.12.2019 [in Russian]
10. Velli Yu.Ya. Spravochnik po stroitel'stvu na vechnomerzlykh gruntakh [Handbook of construction on permafrost soils] / Yu. Ya. Velli, V. I. Dokuchaeva, N. F. Fedorova // Stroyizdat, 1977– 552 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.007>**ВОЗМОЖНОСТИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ СЛЕДОВ БОЛЬШИХ ПЕРЕХОДНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В КОНТАКТНЫХ УЗЛАХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Научная статья

Мокряк А.Ю.¹, Мокряк А.В.^{2,*}, Акимов Р.Н.³¹ ORCID: 0000-0001-9857-6435;² ORCID: 0000-0002-6630-4045;^{1, 2, 3} Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (mokryakanna[at]mail.ru)

Аннотация

Поиск и фиксация следов протекания пожароопасных аварийных режимов работы, возникающих в электрооборудовании и электросетях, является актуальной задачей при проведении пожарно-технических экспертиз. Одним из наиболее опасных, с пожарной точки зрения, аварийных электрических режимов является большое переходное сопротивление. На пожарную опасность данного аварийного режима влияет отсутствие аппаратов защиты в электросетях и электрооборудовании, способных детектировать и нейтрализовать данный нежелательный электрический процесс. При возникновении большого переходного сопротивления в контактных токоведущих узлах появляются повышенные температурные поля, которые в зависимости от сложившихся теплофизических условий и наличия горючей нагрузки могут спровоцировать возникновение пожара. Как известно, в ходе анализа данной версии причины пожара и исследовании электротехнических объектов ведётся поиск признаков, характерных для переходных сопротивлений. Данные признаки могут быть выявлены при визуальном исследовании, однако зачастую это сделать не удастся, например, в силу их утраты при развитии пожара. В этом случае единственным возможным инструментом, способным решить эту проблему, становится сканирующая электронная микроскопия.

Ключевые слова: пожар, исследование, аварийные режимы работы, переходное сопротивление, сканирующая электронная микроскопия.

ON THE POSSIBILITIES OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPY IN DETECTING TRACES OF LARGE TRANSITION RESISTANCES IN CONTACT NODES OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Research article

Mokryak A.Yu.¹, Mokryak A.V.^{2,*}, Akimov R.N.³¹ ORCID: 0000-0001-9857-6435;² ORCID: 0000-0002-6630-4045;^{1, 2, 3} Saint-Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (mokryakanna[at]mail.ru)

Abstract

The search and recording of traces of fire-hazardous emergency modes of operation occurring in electrical equipment and power grids is an urgent task when conducting fire-technical examinations. One of the most dangerous, from a fire point of view, emergency electrical modes is a large transition resistance. The fire hazard of this emergency mode is affected by the absence of protection devices in power grids and electrical equipment capable of detecting and neutralizing this undesirable electrical process. When a large transition resistance occurs in the contact current-carrying nodes, elevated temperature fields appear, which, depending on the prevailing thermophysical conditions and the presence of a combustible load, can cause a fire. It is a known fact that during the analysis of this version of the cause of the fire and the study of electrical facilities, there is a search for signs characteristic of transition resistances. These signs can be detected by visual examination, but often this cannot be done, for example, due to their loss during the development of a fire. In this case, scanning electron microscopy becomes the only possible tool capable of solving this problem.

Keywords: fire, investigation, emergency modes of operation, transition resistance, scanning electron microscopy.

В настоящей работе для исследования было выбрано болтовое соединение, состоящее из трех отдельных элементов – болт с шайбами и гайками, алюминиевый одножильный кабель и медный многопроволочный проводник, на который предположительно был нанесен припой (рис. 1). Непосредственно в болтовом соединении наблюдались значительные повреждения металлических токоведущих проводов, выразившиеся в их плавлении. Отличительной особенностью данного объекта исследования является то, что он был отобран с места происшествия и отдельные его элементы, указанные выше, находились в разъединённом состоянии. Конструктивные особенности отдельных элементов позволяли предположить, что они принадлежали одному контактному болтовому соединению. Очевидность этого факта в данном случае позволяет не только провести инструментальные исследования токоведущих элементов, в частности методом сканирующей электронной микроскопии, но и использовать данную информацию при проведении исследований и пожарно-технических экспертиз в будущем в аналогичных или схожих случаях.



Рис. 1 – Объект исследования - болтовое соединение медного проводника и алюминиевого кабеля

Основной целью данной работы являлось, во-первых, выявление признаков больших переходных сопротивлений, возникающих при плохом контакте между разнородными металлами, а, во-вторых, поиск признаков, которые позволили бы установить принадлежность отдельных электротехнических элементов единому целому объекту.

Анализ поверхности объектов проводился с использованием сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega XMU. Как известно, метод сканирующей электронной микроскопии основан на взаимодействии сфокусированного пучка электронов с поверхностью образца. В результате этого процесса генерируются вторичные электроны, отраженные электроны, рентгеновское излучение и другие виды ответных сигналов. Каждый вид излучения регистрируется своим детектором и дает возможность получать определённую информацию об образце. Так, сигнал вторичных электронов используется для исследования топографии поверхности, формируя SE-изображение. Изображение объекта, полученное с помощью детектора отраженных электронов (BSE-детектора), показывает четко выраженные различия материалов по атомному весу. При наличии в материале образца неоднородности химического состава изображение его поверхности будет иметь достаточно четко различимые области. При этом, светлые области будут соответствовать материалу с более высоким атомным номером, формируя таким образом BSE-изображение [4]. Для определения элементного состава веществ и материалов используется рентгенофлуоресцентный детектор, который позволяет определять качественный и количественный элементный состав образца без его разрушения [5].

В данной работе использовались три детектора сканирующего электронного микроскопа - SE-детектор, BSE-детектор и беззотный рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный детектор X-MAX 80 с площадью кристалла 80 мм². При проведении анализа химического состава соблюдались следующие режимы работы электронного микроскопа:

- ток зонда: 2 пА – 40 нА;
- режим высокого вакуума;
- ускоряющее напряжение: 20 – 30 кВ;
- рабочее расстояние: 27 мм.

В результате были получены снимки поверхности исследуемых образцов, а также данные об их химическом составе.

На оплавленной поверхности алюминиевого провода, остатки которого были расположены в болтовом соединении, обнаруживаются характерные микрооплавления. Очевидно, что данные дефекты поверхности присущи аварийному электрическому режиму большое переходное сопротивление [2]. Химический состав различных участков болтового соединения указывает на то, что отдельные фрагменты проводов и кабелей выполнены из меди и алюминия (табл. 1). Также элементный анализ поверхности болтового соединения демонстрирует наличие олова и свинца, которые являются компонентами оловянно-свинцового припоя. BSE-изображения оплавленных участков, приведенные на рис. 2, наглядно фиксируют разницу в химическом составе отдельных элементов болтового соединения.

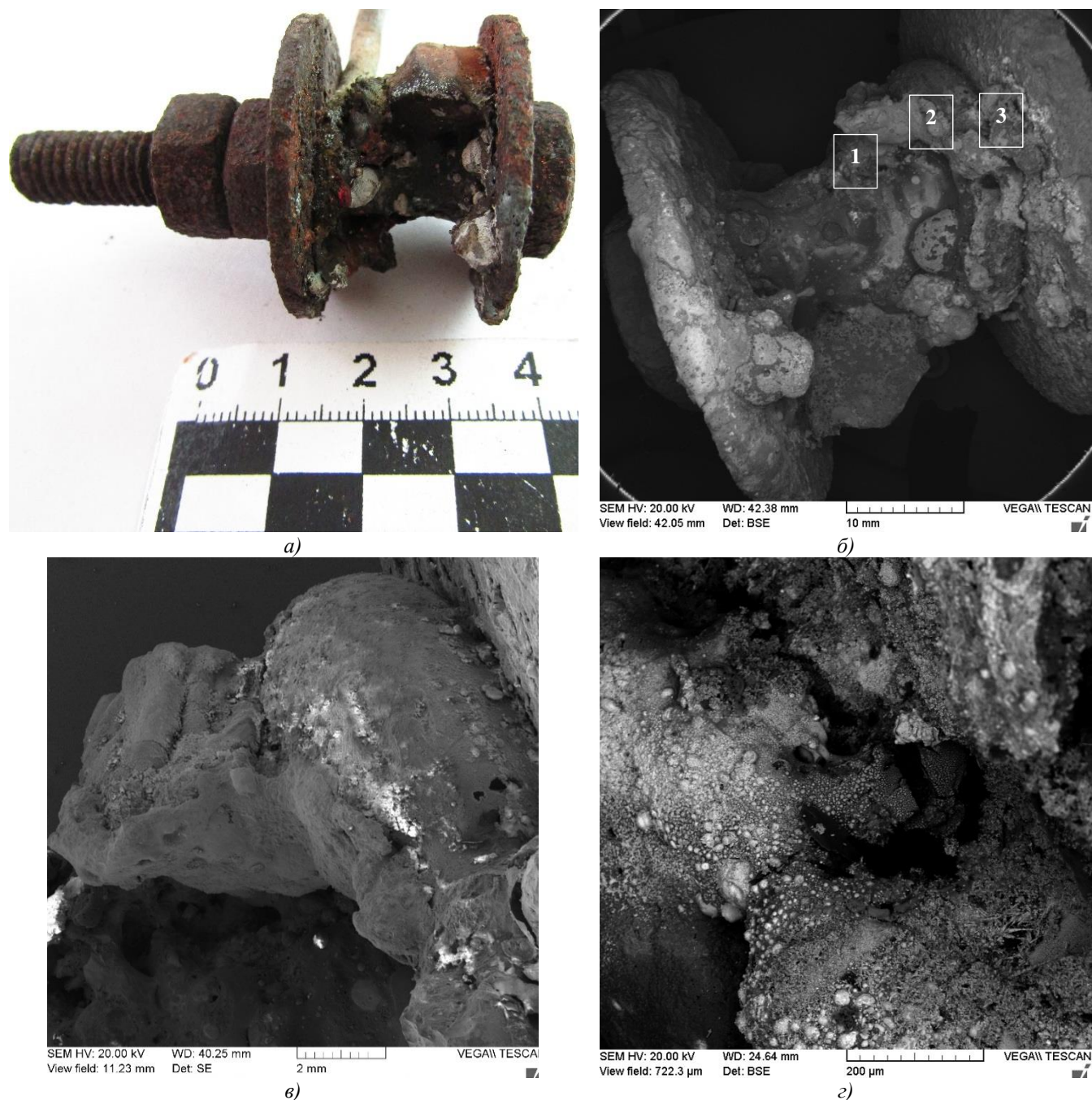


Рис. 2 – Морфология поверхности различных участков внутри болтового соединения и различия в химическом составе при SE- и BSE –контрасте:

a – болтовое соединение; *б* – BSE-изображение повреждений контактирующих элементов в болтовом соединении, 5^х; *в* – SE-изображение повреждений контактирующих элементов в болтовом соединении, 40^х; *г* – микрооплавления на поверхности шайбы, BSE-изображение, 300^х

Примечание: цифрами обозначены участки анализа химического состава (см. табл. 1)

Таблица 1 – Химический состав поверхности внутри болтового соединения на разных участках

№ участка	Химический элемент и его концентрация, % (масс.)							
	O	Al	Si	P	Fe	Cu	Sn	Pb
1	7,68	1,89	0,34	0,77	1,40	84,71	-	3,21
2	15,37	43,14	-	1,26	1,13	36,29	1,28	1,53
3	10,61	1,00	0,20	1,49	43,44	37,24	-	6,02

Данные морфологического анализа медного многопроволочного кабеля, полученные с использованием BSE-детектора, показывают, что поверхность его неоднородна по цвету и имеет ярко выраженный контраст (рис.3). Проволоки имеют более темный цвет по сравнению с оплавленной поверхностью. Элементный анализ свидетельствует о наличии в значительном количестве на оплавленной поверхности таких химических элементов, как олово, свинец, алюминий, а также кислород. В совокупности присутствие данных элементов обусловлено наличием припоя, контактом с алюминиевым проводником, окислением при нагреве. Морфологические особенности припоя проявляются при увеличении более 900 – 100 крат. При таких кратностях хорошо различимо его хлопьевидное строение (рис. 3).

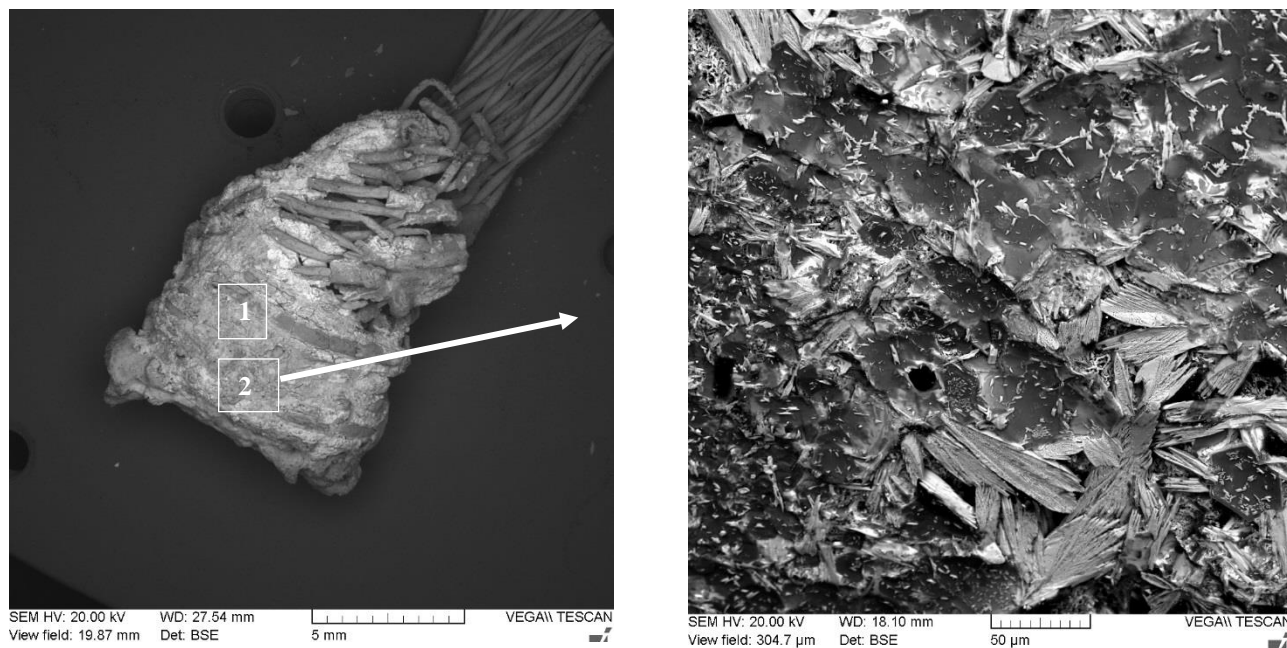


Рис. 3 – Поверхность припоя на медном проводнике. Наблюдается его хлопьевидное строение при увеличении 1000 крат (справа), BSE-изображение

Примечание: цифрами обозначены участки анализа химического состава (см. табл. 2)

Таблица 2 – Химический состав поверхности медного проводника

№ участка	Химический элемент и его концентрация, % (масс.)										
	O	Al	Sn	P	Fe	Si	Ca	Cl	Zn	Pb	Cu
1	5,32	0,46	не обн.*	не обн.	не обн.	0,61	не обн.	0,31	не обн.	не обн.	93,30
2	28,87	10,06	20,21	0,54	0,52	не обн.	1,33	0,86	2,38	8,41	26,82

Примечание: * – не обнаружен

Результаты элементного анализа алюминиевого кабеля показывают, что на его поверхности присутствует олово и на некоторых участках свинец (табл. 3). На поверхности проводника присутствуют волнообразные наплывы и микрооплавления, химический состав которых представляет собой алюминий и кислород. Кроме того, в оплавленной части алюминиевого кабеля обнаружено железо, что указывает на контакт со стальным металлоизделием. Присутствие цинка обусловлено оцинкованной поверхностью стальной шайбы.

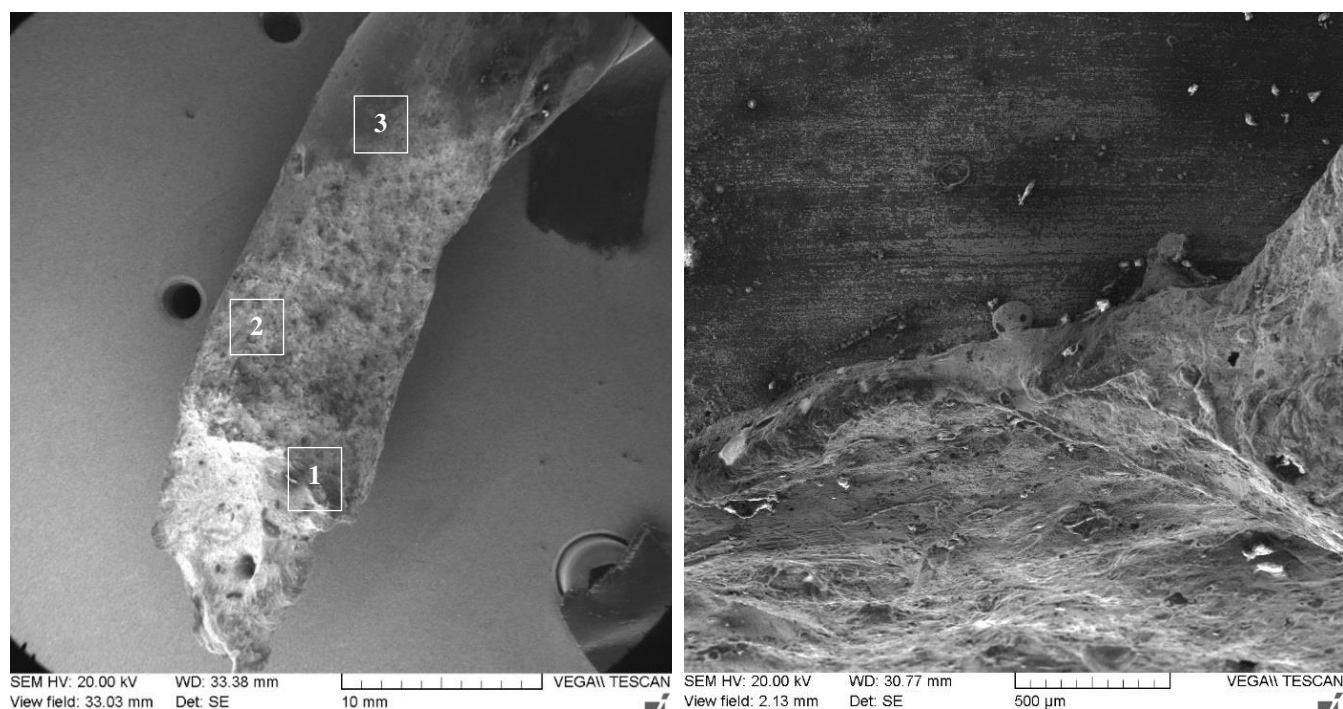


Рис. 4 – Алюминиевой проводник и его повреждения,

характерные для протекания дуговых процессов при электроэрозии

Примечание: цифрами обозначены участки анализа химического состава, SE-изображение (см. табл. 3)

Таблица 3 – Химический состав поверхности алюминиевого кабеля на различных участках

№ участка	Химический элемент и его концентрация, % (масс.)					
	O	Al	Sn	P	Fe	Cu
1	1,52	97,51	0,38	не обн.	0,59	-
2	9,19	80,93	2,05	0,84	6,38	0,61
3	14,18	81,97	1,26	не обн.	0,47	2,12

Примечание: * – не обнаружен

Помимо уже ранее известных признаков больших переходных сопротивлений на поверхности алюминиевого проводника [2], были также обнаружены углубления полусферической округлой формы – лунки (рис. 5), которые характерны для электродуговых процессов, протекающих при коротком замыкании [3]. Очевидно, что в случае развития процесса электроэрозии от микродуговых разрядов к «полноценным» дуговым разрядам, характерным для короткого замыкания, подобного рода специфические дефекты поверхности алюминиевых токоведущих проводов можно считать признаком большого переходного сопротивления в контактных узлах электрических цепей. При этом можно утверждать, что наличие таких дефектов в контактной зоне свидетельствует о значительном тепловыделении, сопоставимом с тепловыделением, возникающем при коротком замыкании.

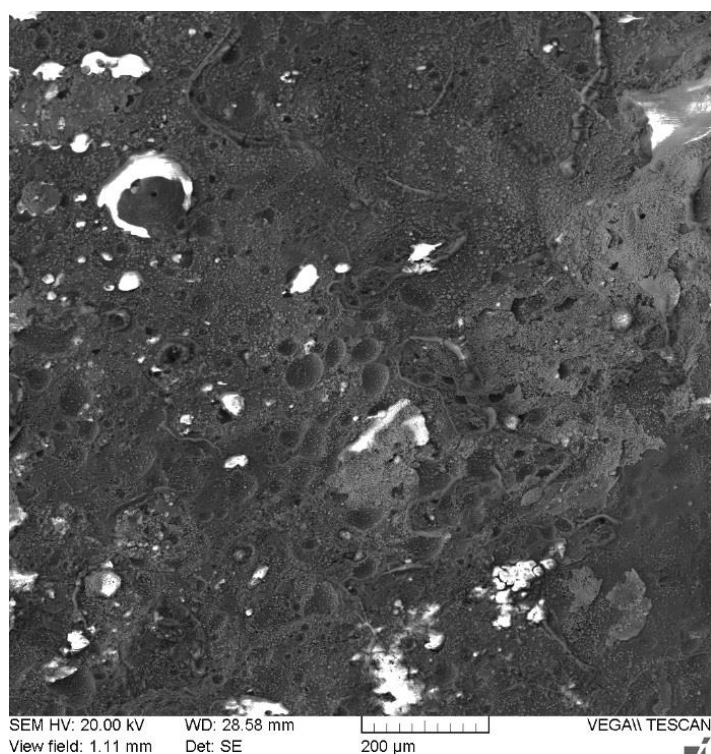


Рис. 5 – Углубления полусферической округлой формы (лунки) на поверхности алюминиевого проводника в зоне оплавления, возникшего в результате большого переходного сопротивления

Примечание: SE-изображение, 260°

Анализируя всю полученную информацию в совокупности, следует прийти к выводу о том, что все исследуемые объекты могли быть соединены в один общий узел – болтовое соединение. При этом, соединение медного проводника и алюминиевого кабеля было осуществлено при помощи пропаянной скрутки.

Таким образом, в результате проведенных исследований элементов болтового соединения можно сделать следующие выводы. Сканирующая электронная микроскопия даёт возможность выявления признаков больших переходных сопротивлений в контактных узлах электрооборудования при проведении пожарно-технической экспертизы. Возможности данного метода не ограничиваются только исследованием топологии поверхности зоны контакта. Анализ химического состава поверхностного слоя контактных зон позволяет выявлять признаки взаимодействия с другими металлическими токоведущими изделиями. Это в свою очередь дает возможность эксперту предполагать наличие следов больших переходных сопротивлений. Особенно актуальным обнаружение этой информации становится при взаимодействии меди и алюминия, поскольку прямое соединение данных металлов категорически запрещено при электромонтажных работах. Следует отметить, что метод сканирующей электронной микроскопии может быть полезен при анализе кабелей и проводов, идущих от воздушных линий электропередач к трансформаторным подстанциям, к электрическим вводам в жилые дома и другие строения. В виду частого обрыва проводов в местах контактных соединений и, как следствие полного разделения на отдельные части в ходе пожара, зачастую необходимо установить их принадлежность друг другу. В этом случае анализ химического состава отдельных фрагментов помогает решить данную проблему.

При проведении исследований на участке предполагаемого плохого контакта были обнаружены специфические дефекты оплавленной поверхности алюминиевого проводника – углубления полусферической округлой формы (лунки). Такие дефекты являются, во-первых, признаками протекания процессов при большом переходном сопротивлении, а во-вторых, указывают на тепловыделение, сопоставимое с электродуговыми процессами при коротком замыкании.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок / Г.И. Смелков. – М.: ООО «КАБЕЛЬ», 2009. – 328 с.
2. Чешко И.Д. Экспертное исследование после пожара контактных узлов электрооборудования в целях выявления признаков больших переходных сопротивлений. Метод. Рекомендации / И.Д. Чешко, К.Б. Лебедев, А.Ю. Мокряк. – М.: ВНИИПО, 2008. – 60 с.
3. Мокряк А.Ю. Металлографические и морфологические исследования металлических объектов судебной пожарно-технической экспертизы: учебное пособие / А.Ю. Мокряк, И.Д. Чешко, Ю.Н. Бельшина; под общ. ред. Э.Н. Чижикова. – СПб: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», 2016. – 160 с.
4. Криштал М. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения / М. Криштал, И.С. Ясников, В.И. Полунин и др. – Москва: Техносфера 2009. – 208 с.
5. Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия: Техносфера / С.Дж.Б. Рид. – 2008 г. – 232 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Smelkov G.I. Pozharnaja bezopasnost' ehlektroprovodok [Fire safety of electrical wiring] / G. I. Smelkov. - M.: LLC "KABEL", 2009. - 328 p. [in Russian]
2. Cheshko I.D. Ehkspertnoe issledovanie posle pozhara kontaktnykh uzlov ehlektrooborudovaniya v celjakh vyjavlenija priznakov bol'shikh perekhodnykh soprotivlenijj. Metod. rekomendacii [An expert study after a fire of contact points of electrical equipment in order to identify signs of large transition resistances: a manual] / I.D. Cheshko, K.B. Lebedev, A.Yu. Mokryak. - M.: VNIPO, 2008. - 60 p. [in Russian]
3. Mokryak A.Yu. Metallograficheskie i morfologicheskie issledovaniya metallicheskich ob"ektov sudebnoj pozharno-tehnicheskoyj ehkspertizy: uchebnoe posobie [Metallographic and morphological studies of metal objects of forensic fire-technical expertise: textbook] / A.Yu. Mokryak, I.D. Cheshko, Yu.N. Belshina; edited by E.N. Chizhikov. - St. Petersburg: Saint Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2016. – 160 p. [in Russian]
4. Krishtal M. Skanirujushhaja ehlektronnaja mikroskopija i rentgenospektral'nyjj mikroanaliz v primerakh prakticheskogo primeneniya [Scanning electron microscopy and X-ray spectral microanalysis in practical application examples] / M. Krishtal, I. S. Yasnikov, V. I. Polunin, et al. - Moscow: Technosphere 2009. - 208 p. [in Russian]
5. Reed S.J.B. Ehlektronno-zondovyjj mikroanaliz i rastrovaja ehlektronnaja mikroskopija [Electron probe microanalysis and scanning electron microscopy] / S. J. B. Reed: Tekhnosfera. - 2008 - 232 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.008>

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ И СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЪЁМОЧНЫХ РАБОТ НА СООРУЖЕНИЯХ ЛИНЕЙНОГО ТИПА

Научная статья

Федоров С.А.^{1, *}, Хромченко А.В.²¹ ORCID: 0000-0002-5410-3916;^{1, 2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (fedoroff27[at]mail.ru)

Аннотация

Авторами выполнен анализ особенностей применения метода построения сети и метода определения висячих пунктов при создании геодезической планово-высотной основы с использованием спутниковых приёмников на линейных объектах большой протяжённости при разреженной плотности расположения исходных геодезических пунктов и реперов. Предложена методика построения на местности съёмочной основы в виде линейчатого базового хода, включающего линейную комбинацию векторов базовых линий, измеренных с использованием нескольких последовательно расположенных базовых станций.

В статье рассмотрены условия совместного использования спутниковых приёмников и электронных тахеометров для создания планово-высотной основы и съёмки элементов линейного сооружения и прилегающей к нему местности. Предложена методика построения съёмочной основы в виде совокупности пунктов ромбовидного базового хода и точек последовательно построенных светодальномерных теодолитных ходов, опирающихся на базисы ромбовидного хода. Съёмочные работы выполняют электронными тахеометрами с пунктов базисов и точек теодолитных ходов.

Ключевые слова: спутниковые приёмники, электронные тахеометры, базовые линии, висячие определения, статика, кинематика, съёмочная основа, линейчатый базовый ход, ромбовидный базовый ход.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF USING SATELLITE AND OPTICAL DISTANCE MEASUREMENT IN SURVEYING ON LINEAR TYPE STRUCTURES

Research article

Fedorov S.A.^{1, *}, Khromchenko A.V.²¹ ORCID 0000-0002-5410-3916;^{1, 2} Pacific National University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (fedoroff27[at]mail.ru)

Abstract

The article analyzes the features of the application of the network construction method and the method of determining hanging points when creating a geodetic plan-altitude basis using satellite receivers on linear objects of large extent with a sparse density of the location of the initial geodetic points and reference points. The authors propose a methodology for constructing a survey base in the form of a linear base run, including a linear combination of baseline vectors measured using several sequentially located base stations.

The article discusses the conditions for the joint use of satellite receivers and electronic total stations to create a planned high-altitude basis and survey elements of a linear structure and the surrounding area. Also, the study proposes a method of constructing a surveying basis in the form of a set of points of a diamond-shaped closed base traverse and points of sequentially constructed optical distance measurement theodolite traverse based on the bases of a diamond-shaped closed traverse. Surveying is carried out by electronic total stations from the points of bases and points of theodolite traverse.

Keywords: satellite receivers, electronic total stations, baselines, hanging definitions, statics, kinematics, surveying basis, linear base traverse, diamond-shaped closed base traverse.

Введение

К числу наиболее прогрессивных геодезических средств измерений, применяемых в настоящее время при создании геодезических сетей и производстве съёмочных или разбивочных работ, относятся спутниковые приёмники геодезического класса и электронные тахеометры. В этой связи становится актуальным определить наиболее рациональные способы использования таких электронных приборов при создании геодезической планово-высотной основы (ПВО) для производства топографо-геодезических или специальных съёмочных работ на линейных объектах в зависимости от целей съёмки местности и элементов сооружений [1].

Так, например, при паспортизации и диагностике существующих автомобильных дорог выполняют определение пикетного положения (километража) характерных сечений элементов автомобильной дороги и искусственных сооружений на ней, дорожных знаков и дорожной разметки относительно установленного начала (исходного километра) автомобильной дороги [2], [3], [4]. При решении задач земельного кадастра выполняют съёмку границ полосы отвода линейных сооружений путём определения плоских прямоугольных координат в точках поворота (излома) границ земельных участков на местности с целью однозначного установления местоположения земельного участка на плоскости проекции Гаусса [5], [6], [7].

Методы и принципы исследования

Спутниковые приёмники геодезического класса подразделяются на классические приёмники, предусматривающие постобработку (РПК) всех видов спутниковых измерений после производства измерений в Глобальных навигационных

системах (ГНС) и приёмники, обеспечивающие обработку статических и кинематических измерений в режиме текущих координат (РТК) непосредственно в процессе производства измерений (см. таблицу 1).

В приёмниках установлено специальное программное обеспечение, содержащее параметры действующих общеземных и референчных систем координат, параметры связи между системами координат и алгоритмы вычисления пространственных и плоских прямоугольных координат и отметок пунктов в национальных геодезических системах координат и высот. Необходимые настройки и установки для приёмника производят с помощью контроллера.

Таблица 1 – Характеристики спутниковых приёмников

Параметр		Тип приёмника		
		Javad Sigma-G3T	Topcon GR-5	Sokkia GRX2
Число каналов, шт		216	226	226
Глобальная навигационная система, частота	GPS ГЛОНАСС Galileo	L1, L2, L5L1, L2 E1, E5A	L1, L2, L5L1, L2 Glove-A, B	L1, L2L1, L2 E1
Среднеквадратические погрешности(СКП) при измерениях в плане (по высоте), мм	Статика (St), Быстрая статика (FSt)Кинематика (PPK и РТК)	3+0,5ppm (5+0,5ppm) 10+1ppm (15+1ppm)	3+0,5ppm (5+0,5ppm) 10+1ppm (15+1ppm)	3+0,5ppm (5+0,5ppm) 10+1ppm (15+1ppm)

При производстве относительных спутниковых измерений используют минимум два одновременно работающих приёмника – базовый и подвижный. В процессе совместной обработки информации, принятой каждым приёмником от спутников Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), определяются параметры пространственного вектора базовой линии, соединяющего центры антенн приёмников. К числу параметров вектора относят азимут, угол наклона и длину базовой линии. При установке базового приёмника на геодезическом пункте с известными координатами и отметкой по значениям параметров вектора базовой линии автоматически вычисляются координаты и отметка подвижного приёмника, установленного в определяемой точке.

В случае установки базовой станции в произвольном месте местности

– «свободная база» – выполняют привязку этой станции с помощью подвижного приёмника к ближайшим геодезическим пунктам и реперам государственной плановой и высотной сетей. При отсутствии связи спутниковых измерений с геодезическими пунктами и реперами по-прежнему получают параметры векторов базовых линий между приёмниками, однако результаты таких автономных определений местоположения базового и подвижного ГНС-приёмников могут существенно отличаться от истинных координат и отметок определяемых точек в системе координат СК-42(95) и Балтийской системе высот БСВ-1977.

Электронные тахеометры включают в себя электронный теодолит, светодальномер и миникомпьютер для обработки данных. Поэтому электронные тахеометры классического исполнения измеряют в электронном режиме три базовые величины – горизонтальные и вертикальные углы и наклонные светодальномерные расстояния от тахеометра до цели (см. таблицу 2) [8]. Программное обеспечение тахеометра предусматривает вычисление в тахеометре дополнительных так называемых псевдо-измеренных величин – превышений, проложений линий, координат и отметок точек и др.

Таблица 2 – Точностные характеристики тахеометров Sokkia серии SETs10

Наименование параметра	SET310	SET510	SET610
СКП измерения углов, не более	$\pm 3''$	$\pm 5''$	$\pm 6''$
СКП измерения расстояний D , мм:			
- на призму точное измерение	$2+2 \cdot 10^{-6}D$		
- на призму быстрое измерение	$5+5 \cdot 10^{-6}D$		
- на плёнку точное измерение	$4+3 \cdot 10^{-6}D$		

При практических геодезических и топографических работах применяются классические с отражательными призмами и безотражательные электронные тахеометры отечественных и зарубежных производителей. Точность измерения расстояний в безотражательном режиме для электронных тахеометров может составлять $\pm 5-30$ мм на расстояниях 350-2000 м.

Спутниковые приёмники и электронные тахеометры используются для создания на местности специальных геодезических сетей, построения геодезической съёмочной или разбивочной основы и для непосредственного производства съёмочных работ.

Основные результаты

Основанием для использования спутниковых приёмников геодезического класса при проведении измерений в процессе создания планово-высотной основы (ПВО) и съёмки местности служат положения Инструкции [9], регламентирующей правила применения двух методов организации измерений – метода построения сети и метода определения виссячих пунктов. Основу методов составляют реализованные на местности схемы взаимного

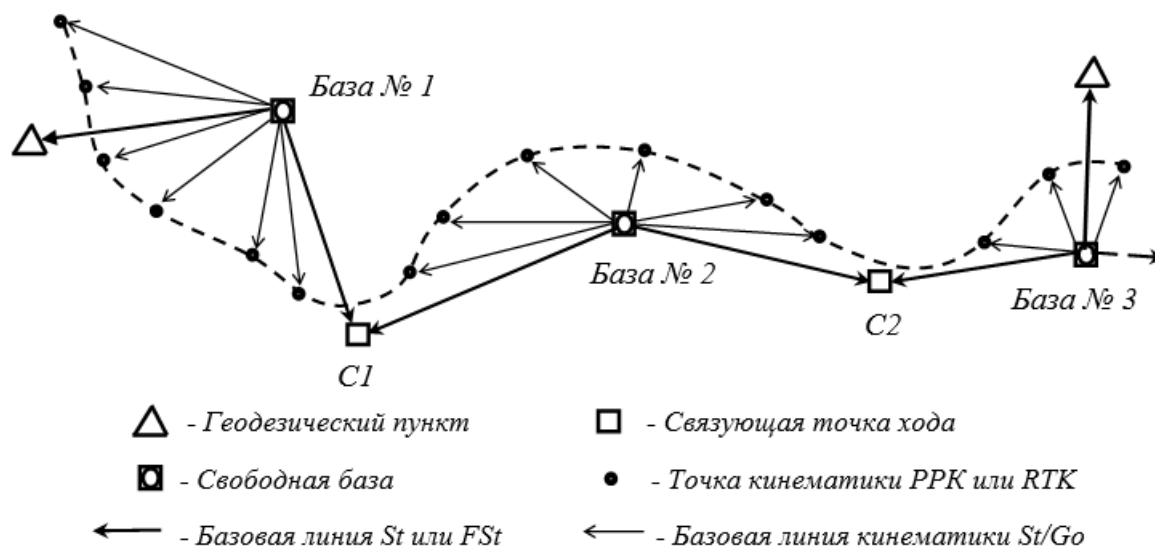


Рис. 2 – Схема построения линейчатого базового хода и съёмки точек

Кинематические PPK или RTK-измерения координат и отметок характерных точек элементов линейного сооружения и местности или границ полосы отвода занимаемых земель при соответствии топографических и межевых работах выполняют в режиме «Stop-and-Go (St/Go)» подвижным приёмником. Измерение векторов базовых линий на подвижный приёмник производится в моменты кратковременных остановок приёмника. Продолжительность наблюдений на точке назначается равной не менее трех эпох и составляет 15-30 секунд.

Практические работы по созданию ПВО и съёмке местности ведутся совместно на «захватке» в пределах действия каждой базовой станции и последовательно по мере построения следующих новых звеньев линейчатого базового хода.

На автомобильных дорогах и других объектах линейного характера, имеющих значительную протяжённость и небольшие поперечные размеры полосы съёмочных работ, ПВО целесообразно создавать в виде комбинированной геодезической сети, включающей пункты опорного ромбовидного базового хода с «перемычками» (базисами) между двойными пунктами сети и звенья съёмочных светодальномерных ходов (см. рисунок 3).

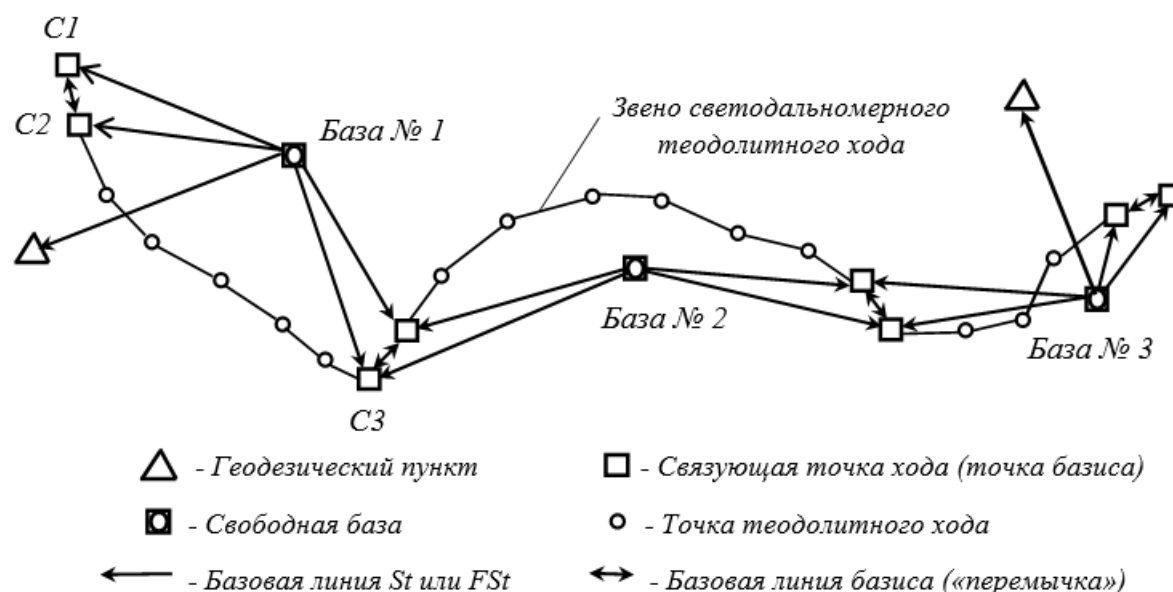


Рис. 3 – Схема построения опорного ромбовидного базового хода и съёмочных ходов

Схема образования ромбовидного базового хода строится на основе идеологии не только метода определения высших пунктов, но и метода построения сети, что повышает жёсткость построения основы. Для контроля спутниковых измерений в ромбовидном ходе линии базисов могут быть дополнительно измерены рулетками или электронными тахеометрами и сопоставлены с длинами векторов «перемычек».

Съёмочную или разбивочную геодезическую сеть создают на основе ромбовидного базового хода путём развития разомкнутых светодальномерных теодолитных ходов, опирающихся на пункты базисов ромбовидного хода. Теодолитные ходы размещают вблизи бровки земляного полотна автодороги. Съёмочные работы выполняют с пунктов базисов и точек светодальномерных теодолитных ходов полярными координатами и тригонометрическим нивелированием.

При совместном использовании результатов спутниковых и наземных измерений, выполненных электронными тахеометрами, следует учитывать, что длины векторов базовых линий, измеренные в СК-42(95), относят к плоскости проекции Гаусса, а светодальномерные проложения длин линий – к плоскости горизонта. По этой причине при создании

разрядных и высших по точности плановых сетей производят предварительное трансформирование светодальномерных проложений линий на плоскость картографической проекции [10], [11].

Заключение

При производстве съёмочных работ с использованием спутниковых приёмников на линейных объектах большой протяжённости в случае наличия разреженной сети исходных геодезических пунктов и реперов целесообразно создавать планово-высотную основу в виде линейчатого базового хода, с точек которого выполняют кинематическую съёмку местности и элементов сооружения. Преимуществом построения линейчатого базового хода является возможность его последовательного многократного наращивания по мере продвижения съёмочных работ вдоль трассы объекта при использовании минимально двух спутниковых приёмников.

Совместное использование приёмников и электронных тахеометров позволяет рекомендовать для использования технологию создания планово-высотной основы на линейных объектах в виде совокупности пунктов ромбовидного базового хода и точек разомкнутых светодальномерных теодолитных ходов, опирающихся на базисы ромбовидного хода. Работы по построению ромбовидного базового хода и развитию светодальномерных ходов могут производиться одновременно или раздельно, поскольку выполняются разными типами приборов. Съёмочные работы выполняют электронными тахеометрами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – Введ. 01 июля 2017. – М. : Стандартинформ, 2017. – 90 с.
- ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог. Издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 04.07.2018 № 2481-р [Электронный ресурс]. – URL: //rosavtodor.ru/storage/app/uploaded-files (дата обращения 20.02.2019).
- Леонович И. И. Диагностика автомобильных дорог : учеб. пособие / И. И. Леонович, С. В. Богданович, И. В. Нестерович. – Минск : Новое знание; М.: Инфра-М, 2011. – 350 с.: ил.
- ВСН 4-81. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. – Введ. 1982–01–01. – М. : Минавтодор РСФСР, 1981. – 32 с.
- Инструкция по межеванию земельных участков. ЕСДЗем. 04-06-02. Федеральная служба земельного кадастра России. – М.: Росземкадастр, 2002. – 29 с.
- Основные положения об опорной межевой сети. ЕСДЗем. 0-06005-02. – М.: Федеральная служба земельного кадастра России (Росземкадастр), 2002. – 16 с.
- Степанов В. Я. Использование спутниковых технологий при проведении кадастровых работ / В. Я. Степанов, М. А. Яковлев, А. Н. Петрова // Фундаментальная наука. – 2016. – № 6 (8). – С. 2.
- Хромченко А. В. Методология совместного использования спутниковых и наземных измерений при создании съёмочной основы на автомобильных дорогах / А. В. Хромченко, С. М. Соколов // Материалы 59-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ. Ответственный редактор В.А. Кравчук. – 2019. – С. 69-72.
- Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. – М. : ЦНИИГАиК, 2002. – 124 с.
- Закатов П. С. Курс высшей геодезии / П. С. Закатов. – Изд. 4, перераб. и доп. – М. : Недра, 1976. – 511 с.
- Селиханович В. Г. Геодезия: учебник для вузов / В. Г. Селиханович. – М. : Недра, 1981. – 544 с.

Список литературы на английском языке / References in English

- SP 47.13330.2016. Inzhenernyye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 11-02-96 [Engineering surveys for construction. Basic provisions. Updated edition of SNiP 11-02-96]. – Introduced. 01 iyulya 2017. – M. : Standartinform, 2017. – 90 p. [in Russian]
- ODM 218.4.039-2018. Rekomendatsii po diagnostike i otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobil'nykh dorog. Izdan na osnovanii rasporyazheniya Federal'nogo dorozhnogo agentstva ot 04.07.2018 № 2481-r [Recommendations for the diagnosis and assessment of the technical condition of highways. Published on the basis of the order of the Federal Road Agency dated 04.07.2018 No. 2481-r] [Electronic resource]. – URL: //rosavtodor.ru/storage/app/uploaded-files (accessed 20.02.2019). [in Russian]
- Leonovich I. I. Diagnostika avtomobil'nykh dorog : ucheb. posobiye [Diagnostics of highways : manual] / I. I. Leonovich, S. V. Bogdanovich, I. V. Nesterovich. – Minsk : Novoe znanie; M.: Infra-M, 2011. – 350 p.: il. [in Russian]
- VSN 4-81. Instruktziya po provedeniyu osmotrov mostov i trub na avtomobil'nykh dorogakh [Instructions for conducting inspections of bridges and pipes on highways]. – Introduced 1982–01–01. – M. : Minavtodor RSFSR, 1981. – 32 p. [in Russian]
- Instruktsiya po mezhevaniyu zemel'nykh uchastkov. YESDZem. 0406-02. Federal'naya sluzhba zemel'nogo kadastra Rossii [Instructions for land surveying. ESDZem. 04-06-02. Federal Land Cadastre Service of Russia]. – M.: Roszem-cadastre, 2002. – 29 p. [in Russian]
- Osnovnyye polozheniya ob opornoj mezhevoy seti. YESDZem. 0-06005-02 [Basic provisions on the basic boundary network. ESDZem. 0-06-005-02]. M. : Federal Land Cadastre Service of Russia (Roszemkadastr), 2002. – 16 p. [in Russian]
- Stepanov V. Ya. Ispol'zovaniye sputnikovyykh tekhnologiy pri provedenii kadastrykh rabot [The use of satellite technologies in carrying out cadastral works] / V. Ya. Stepanov, M. A. Yakovlev, A. N. Petrova // Fundamental'naya nauka [Fundamental Science]. – 2016. – № 6 (8). – P. 2. [in Russian]

8. Khromchenko A. V. Metodologiya sovmestnogo ispol'zovaniya sputnikovykh i nazemnykh izmereniy pri sozdanii s"yomochnoy osnovy na avtomobil'nykh dorogakh [Methodology of joint use of satellite and ground measurements when creating a survey base on highways] / A. V. Khromchenko, S. M. Sokolov // Materialy 59-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii inzhenernostroitel'nogo instituta TOGU. Otvetstvennyy redaktor V.A. Kravchuk [Proceedings of the 59th student scientific and technical conference of the PNU Civil Engineering Institute. Executive editor V.A. Kravchuk]. – 2019. – P. 69-72. [in Russian]
9. Instruktsiya po razvitiyu s"yomochnogo obosnovaniya i s"yomke situatsii i rel'yefa s primeneniym global'nykh navigatsionnykh sputni-kovykh sistem GLONASS i GPS. GKINP (ONTA)-02-262-02 [Instructions for the development of filming substantiation and filming of the situation and relief using the global navigation satellite systems GLONASS and GPS. GKINP (ONTA) -02-262-02]. – M. : TSNIIGAiK, 2002. – 124 p. [in Russian]
10. Zakatov P. S. Kurs vysshey geodezii [The course of higher geodesy] / P. S. Zakatov. – Ed. 4, rev. and add – M. : Nedra, 1976. – 511 p. [in Russian]
11. Selikhanovich V. G. Geodeziya: uchebnik dlya vuzov [Geodesy: a manual for universities] / V. G. Selikhanovich. – M. : Nedra, 1981. – 544 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.009>**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ГРАФИКА ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

Научная статья

Шишков Е.М.^{1,*}, Проничев А.В.², Савельев А.А.³¹ ORCID: 0000-0003-3723-0080;² ORCID: 0000-0001-5436-7228;³ ORCID: 0000-0003-2268-2957;^{1,2} Филиал Самарского государственного технического университета в г. Новокуйбышевске,
Новокуйбышевск, Россия;³ Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

* Корреспондирующий автор (e.m.shishkov[at]ieee.org)

Аннотация

В работе освещен подход к прогнозированию генерации тепловой электрической станции с использованием методов машинного обучения. В ходе работы проведена генерация признаков на основе электрических величин, данных о времени и погодных условиях и их последующий отбор, построены трехуровневые ансамбли моделей на основе линейной регрессии и градиентного бустинга над решающими деревьями. Полученные метрики качества позволяют судить о принципиальной возможности использования рассмотренного метода для решения как данной, так и смежных задач, связанных с прогнозированием временных рядов.

Ключевые слова: машинное обучение; прогнозный диспетчерский график; линейная регрессия; градиентный бустинг; временные ряды.

**FORECASTING TIME SERIES VIA MACHINE LEARNING METHODS BASED ON THE POWER OUTPUT
SCHEDULE OF AN ELECTRIC POWER STATION**

Research article

Shishkov E.M.^{1,*}, Pronichev A.V.², Savelyev A.A.³¹ ORCID: 0000-0003-3723-0080;² ORCID: 0000-0001-5436-7228;³ ORCID: 0000-0003-2268-2957;^{1,2} Novokuibyshevsk branch of Samara State Technical University, Novokuibyshevsk, Russia;³ Samara State Technical University, Samara, Russia

* Corresponding author (e.m.shishkov[at]ieee.org)

Abstract

The paper discusses an approach to predicting the generation of a thermal power plant using machine learning methods. In the course of the research, the authors carry out the generation of features based on electrical quantities, time and weather data and their subsequent selection as well as construct three-level ensembles of models based on linear regression and gradient boosting over decision trees. The obtained quality metrics allow the authors to assess the fundamental possibility of using the considered method to solve both this particular problem and other problems related to time series forecasting.

Keywords: machine learning; predictive dispatch schedule; linear regression; gradient boosting; time series.

Введение

На текущий момент в электроэнергетике не теряет актуальность применение современных информационно-телекоммуникационных технологий, что обусловлено распространением концепций интеллектуальной (Smart Grid) и цифровой энергетики. Одним из наиболее перспективных подходов в этом направлении является использование технологий машинного обучения, которые показали хорошие результаты в других областях [1], [3], [5], [8].

Целью данной работы является оценка возможности применения методов машинного обучения для предсказания временных рядов, в частности генерации электрической станции на несколько суток вперед. Такого рода предсказания в перспективе позволят наиболее полно использовать имеющиеся ретроспективные данные и тем самым усовершенствовать процесс построения прогнозного диспетчерского графика.

Постановка задачи

В настоящее время для целей определения предварительного баланса ЕЭС (Единой энергетической системы) России на предстоящие операционные сутки X с использованием электроэнергетической расчетной модели в сутки $X-2$ выполняется расчет предварительно энергетического режима. Расчет производится на одни сутки на основании прогноза потребления и известных на момент расчета плановых и аварийных ремонтов сетевого и генерирующего оборудования. Результаты расчета позволяют уточнить предварительно выбранный в рамках технологии ВСВГО (выбора состава включенного генерирующего оборудования) состав генерирующего оборудования на рассматриваемые операционные сутки. Прогнозный диспетчерский график содержит отнесенные к узлам расчетной модели почасовые значения активной мощности включенного генерирующего оборудования, данные о потреблении, а также параметры рассчитанного сбалансированного режима. Однако любые изменения потребления электроэнергии, состояния генерирующего и сетевого оборудования, введение сетевых ограничений носят стохастический характер, поэтому их невозможно спрогнозировать заранее с абсолютной точностью [9], [10].

В качестве объекта исследования выступает тепловая электрическая станция (ТЭС). Она имеет 3 отходящие линии с классом напряжения 500 кВ и 6 линий с классом 220 кВ. Для данной станции мы располагаем данными о напряжениях

на шинах распределительных устройств и перетоках мощности по отходящим от нее линиям с дискретностью в один час и глубиной в 3 года. В качестве дополнительных также использовались данные о погодных условиях в соответствующие периоды времени.

Методы и принципы исследования

Для прогнозирования генерации электрической станции используется модель с тремя последовательными уровнями – на 72 часа вперед, на 48 часов вперед и на 24 часа вперед. Каждый уровень (кроме первого) для предсказания использует результат с предыдущих (см. рисунок 1). В качестве результата модель выдает предсказание графика мощности электрической станции с дискретностью 1 час на целевые сутки X. Для модели каждого уровня организована индивидуальная подготовка данных с соответствующей задержкой в часах.

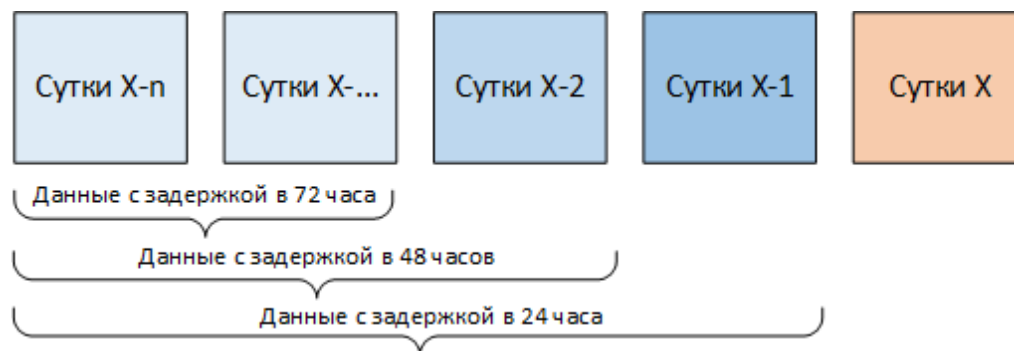


Рис. 1 – Схема подготовки данных для моделей

Использование данных в том виде, в котором они представлены изначально, некорректно ввиду того, что данные для соответствующего момента времени не будут известны на момент совершения предсказания. В связи с этим была произведена генерация новых признаков путем агрегации имеющихся данных с соответствующей задержкой. В частности, для каждой точки были рассчитаны скользящие средние и медианные значения и стандартные отклонения перетоков мощности и напряжений при ширине окна в 3, 6, 12, 24, 48 и 72 часа (216 новых признаков).

Данные о погодных условиях использовались без изменений, так как для обучения данные о погоде принимались в качестве фактических, а для предсказания – в качестве прогнозных (7 новых признаков).

Для учета сезонности данных дополнительно были сгенерированы признаки на основе даты и времени, а именно: час в сутках, день в неделе, день в месяце, месяц в году (6 новых признаков).

Таким образом, с учетом всех озвученных выше этапов генерации признаков – атрибутный состав данных расширился до 229 признаков. Далее в работе

Для оценки качества полученной модели использовались следующие метрики качества:

- MAE (mean absolute error) – средняя абсолютная ошибка;
- RMSE (root mean squared error) – корень из среднеквадратичной ошибки;
- MAPE (mean absolute percentage error) – средняя абсолютная ошибка в процентах;
- R2-score – коэффициент детерминации. Метрика, определяющая соответствие модели данным. В общем случае находится в диапазоне $[0 \div 1]$, где 1 – идеальное соответствие, однако в случае с неадекватной моделью может принимать отрицательные значения;

- t-MAE (threshold MAE) – метрика, определяющая стабильность предсказания модели, находится в диапазоне $[0 \div 1]$, где 1 соответствует идеальной модели.

Метрики MAE и RMSE отражают ошибку предсказания в именованных единицах, и позволяют оценить ошибку непосредственно в мегаваттах. Метрика MAPE позволяет рассчитать отклонение у в относительных единицах, что упрощает оценку качества с точки зрения нормативных документов. R2-score и t-MAE позволяют в общем виде оценить адекватность полученной модели [11].

В качестве функции потерь используется MSE (mean squared error) – среднеквадратичная ошибка. Выбор данной метрики обусловлен тем, что при ее расчете разница между истинным и предсказанным значением возводится в квадрат, что предотвращает компенсацию положительных отклонений за счет отрицательных. То есть в рамках решения данной задачи при предсказании необходимо стремиться к минимуму ошибки как при превышении предсказанного значения реальным, так и наоборот.

Моделирование производилось на высокоуровневом языке Python. Для предсказания используются модели линейной регрессии (реализация PyTorch) и модели градиентного бустинга над решающими деревьями с экспертными и подобранными в ходе оптимизации гиперпараметрами (реализации CatBoost и LightGBM). Применение данных алгоритмов обусловлено применением фреймворка LightAutoML, позволяющего проводить быстрое прототипирование.

Для обучения и валидации имеющиеся данные были поделены на две части в соотношении 2 к 1. Таким образом, для обучения использовались данные за два года, для валидации – за 1 год. При обучении модели использован скользящий контроль (k-fold) с разбиением на $k=8$. Результаты прогноза моделей, полученные на 8 выборках, усреднялись.

По результатам обучения моделей были произведены расчеты метрик качества как для обучающей выборки (out-of-fold - OOF), так и для валидационной выборки (Test).

В первую очередь производилось обучение с учетом всех сгенерированных ранее признаков (229 признаков) (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Результаты расчета метрик качества для моделей, обученных на всех признаках

Метрика качества	Прогноз на 3-е сутки		Прогноз на 2-е сутки		Прогноз на сутки	
	OOF	Test	OOF	Test	OOF	Test
MAE	18,5	166,3	8,9	167,6	6,9	167,3
RMSE	26,3	228,9	12,7	230,6	9,7	230,3
MAPE	3,4	32,7	1,7	32,8	1,3	32,8
R2-score	0,99	0,48	0,99	0,47	0,97	0,47
t-MAE	0,93	0,82	0,96	0,82	0,97	0,82

Полученные на отложенной выборке результаты оказались неудовлетворительными, о чем свидетельствует R2-score, который оказался меньше 0,5. Далее представлены результаты моделирования для одних суток (см. рисунок 2). Из графика видно, что модель довольно четко усвоила сезонность данных как минимум внутри суток.

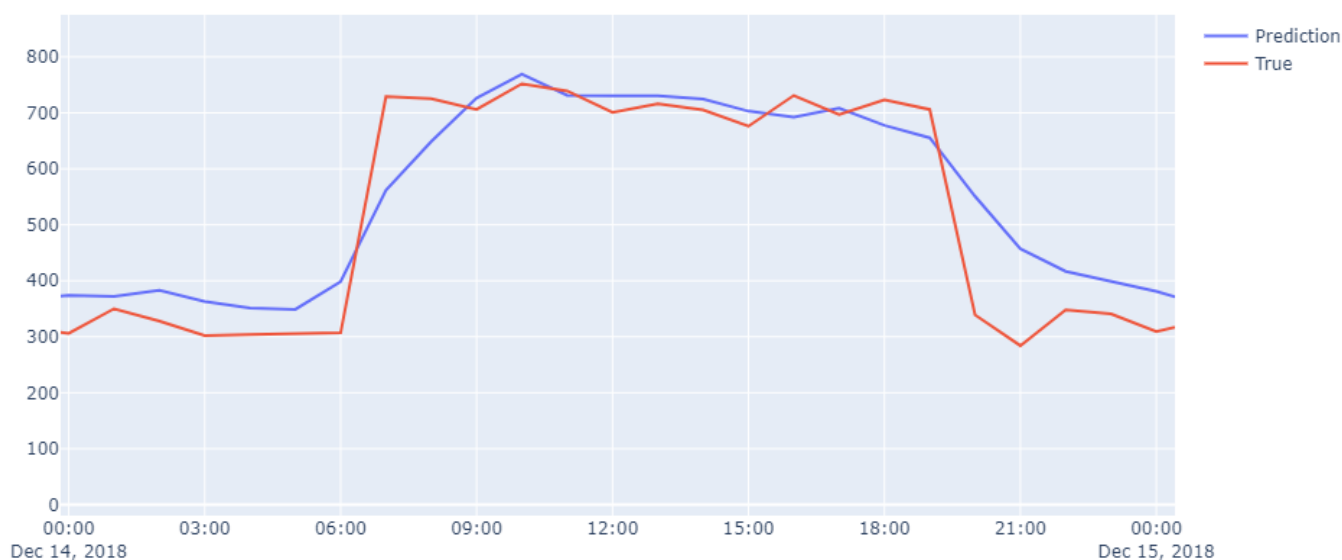


Рис. 2 – Сравнение фактических и предсказанных значений внутри суток для модели, обученной на всех признаках

Для повышения качества предсказания из всех имеющихся признаков по результатам первого этапа моделирования были отобраны 50 наиболее значимых. Затем произведено повторное моделирование с учетом только отобранных признаков (см. таблицу 2, рисунок 3).

Таблица 2 – Результаты расчета метрик качества для моделей, обученных на наиболее значимых признаках

Метрика качества	Прогноз на 3-е сутки		Прогноз на 2-е сутки		Прогноз на сутки	
	OOF	Test	OOF	Test	OOF	Test
MAE	26,3	121,5	14,8	120,4	12,3	119,1
RMSE	37,8	168,9	21,8	169,8	17,5	168,9
MAPE	5,1	22,9	2,9	22,0	2,4	21,6
R2-score	0,98	0,72	0,99	0,72	0,99	0,72
t-MAE	0,93	0,85	0,94	0,85	0,94	0,86

Снижение количества признаков в модели привело к значительному росту метрик качества на валидационной выборке. В среднем ошибка предсказания в мегаваттах снизилась на 60, в процентах – на 10%. Далее представлены веса предсказаний по каждому типу моделей (см. таблицу 3).

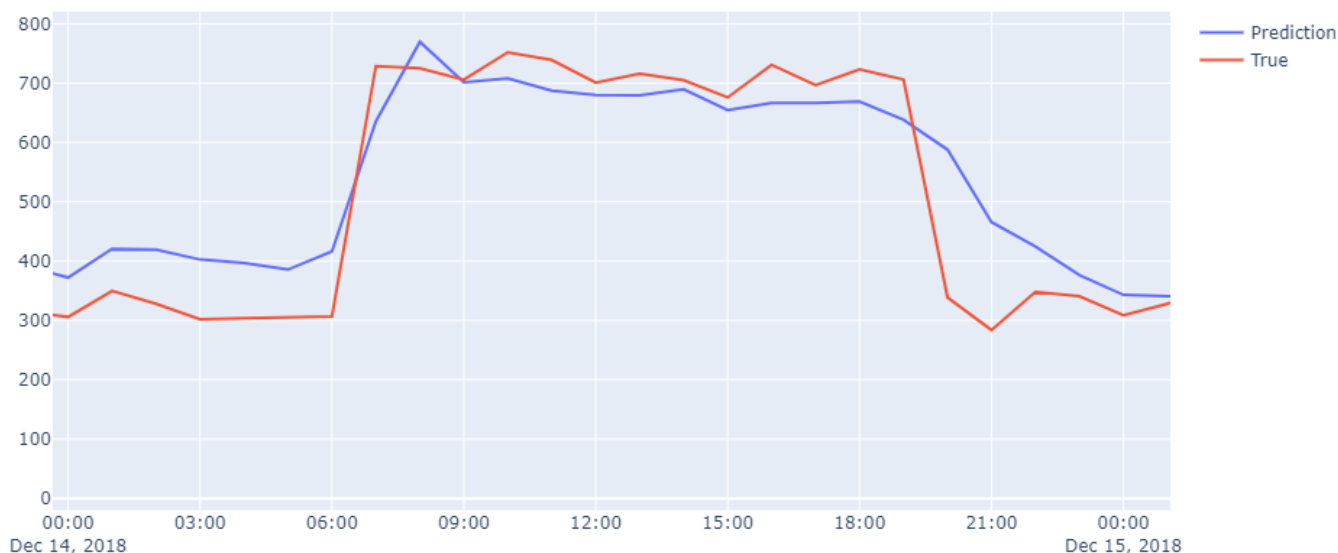


Рис. 3 – Сравнение фактических и предсказанных значений внутри суток для модели, обученной на наиболее значимых признаках

Таблица 3 – Вклад моделей в предсказание

Модель	Вес прогноза модели		
	Прогноз на 3-е сутки	Прогноз на 2-е сутки	Прогноз на сутки
Линейная регрессия	0	0	0,738
LightGBM с экспертными параметрами	0	0,509	0,262
LightGBM с подобранными параметрами	0,779	0,491	0
CatBoost с подобранными параметрами	0,221	0	0

Повышение качества моделирования обусловлено снижением количества признаков, шумовая составляющая которых значительно преобладает над информационной. Примечательным оказался факт того, что при прогнозе на 3-е суток вперед наиболее точными оказались предсказания моделей градиентного бустинга, а при прогнозировании на сутки вперед наибольший вклад вносит линейная регрессия. Такой результат возможно интерпретировать следующим образом. При прогнозировании на меньший горизонт зависимость между величинами имеет более простой, линейный характер, в то время как прогнозирование на больший горизонт напротив имеет сложные нелинейные зависимости.

Основные результаты

В ходе работы была произведена предобработка данных о перетоках мощности в линиях электропередачи, напряжениях на шинах распределительных устройств. Дополнительно получены данные о погодных условиях. Произведена генерация признаков на основе даты и времени, а также путем агрегации электрических величин.

Для предсказания генерации тепловой электрической станции выполнено построение двух ансамблей моделей машинного обучения на основе линейной регрессии и градиентного бустинга над решающими деревьями – без отбора и с отбором наиболее значимых признаков.

Результаты моделирования без отбора признаков показали неудовлетворительные результаты, а именно коэффициент детерминации на валидационной выборке равный 0,48.

Отбор признаков привел к существенному повышению метрик качества модели, в частности коэффициент детерминации на валидационной выборке составил 0,72.

Для модели прогноза на двое и трое суток вперед в числе наиболее значимых признаков оказались данные о погодных условиях и данные, полученные из даты и времени. Для модели прогноза на сутки вперед наиболее значимыми оказались признаки, полученные путем агрегации электрических величин и предсказания предыдущих уровней модели.

Заключение

Для дальнейшего повышения качества моделирования необходимо как увеличивать глубину исходных данных, так и расширять состав признаков. К примеру, наибольший интерес вызывают признаки, связанные с техническим состоянием оборудования, ценообразованием, а также составом включенного генерирующего оборудования.

Представленный в ходе решения данной задачи метод возможно применить также в аналогичных задачах прогнозирования, например, для предсказания нагрузки собственных нужд электрических станций или различных метрик показателей качества электроэнергии для последующего определения аномальных состояний электрической сети.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Chen J. Research on High Performance Computing of Power System Based on Machine Learning Algorithm / J. Chen, Y. Chen, Z. Guo et al. // International Conference on Computer Information and Big Data Applications (CIBDA), 2020, pp. 204-207;
2. He X. Power System Frequency Situation Prediction Method Based on Transfer Learning / X. He, Q. Liu, J. Tang, Q. Ma et al. // 12th IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2020, pp. 1-5;
3. Xu R. Continuous Modeling of Power Plant Performance with Regularized Extreme Learning Machine / R. Xu, W. Yan // International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2019, pp. 1-8;
4. Goswami T. Predictive Model for Classification of Power System Faults using Machine Learning / T. Goswami, U. B. Roy // 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 2019, pp. 1881-1885;
5. Wang S. Analysis of Network Loss Energy Measurement Based on Machine Learning / S. Wang, H. Chen, B. Pu et al. // IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), 2018, pp. 1113-1117;
6. Pathan A. Some Case Studies of Power Outages with Possible Machine Learning Strategies for their Predictions / A. Pathan, J. Timmerberg, S. Mylvaganam // 28th EAAEIE Annual Conference (EAAEIE), 2018, pp. 1-9;
7. Peng X. A very short term wind power prediction approach based on Multilayer Restricted Boltzmann Machine / Xiaosheng Peng et al. // IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2016, pp. 2409-2413;
8. Массель Л.В. Использование машинного обучения в ситуационном управлении применительно к задачам электроэнергетики / Л.В. Массель, О.М. Гергет, А.Г. Массель и др. // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. №3 (15). – С. 6-10;
9. Ведерников А.С. Планирование режимов работы электроэнергетических систем / А.С. Ведерников, А.В. Гофман, Л.А. Кеткин и др. // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 12-1. – С. 79-80;
10. Киреев С.В. Рынок на сутки вперёд: концепция, ценообразование, фундаментальные факторы / С.В. Киреев, И.Б. Тюнин // Аудит и финансовый анализ — №2, 2011. С. 1-4.
11. Hastie T. The Elements of Statistical Learning / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. Springer, 2014. - pp. 50-52.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chen J. Research on High Performance Computing of Power System Based on Machine Learning Algorithm / J. Chen, Y. Chen, Z. Guo et al. // International Conference on Computer Information and Big Data Applications (CIBDA), 2020, pp. 204-207;
2. He X. Power System Frequency Situation Prediction Method Based on Transfer Learning / X. He, Q. Liu, J. Tang, Q. Ma et al. // 12th IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2020, pp. 1-5;
3. Xu R. Continuous Modeling of Power Plant Performance with Regularized Extreme Learning Machine / R. Xu, W. Yan // International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2019, pp. 1-8;
4. Goswami T. Predictive Model for Classification of Power System Faults using Machine Learning / T. Goswami, U. B. Roy // 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 2019, pp. 1881-1885;
5. Wang S. Analysis of Network Loss Energy Measurement Based on Machine Learning / S. Wang, H. Chen, B. Pu et al. // IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), 2018, pp. 1113-1117;
6. Pathan A. Some Case Studies of Power Outages with Possible Machine Learning Strategies for their Predictions / A. Pathan, J. Timmerberg, S. Mylvaganam // 28th EAAEIE Annual Conference (EAAEIE), 2018, pp. 1-9;
7. Peng X. A very short term wind power prediction approach based on Multilayer Restricted Boltzmann Machine / Xiaosheng Peng et al. // IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2016, pp. 2409-2413;
8. Massel L.V. Ispol'zovanie mashinnogo obuchenija v situacionnom upravlenii primenitel'no k zadacham jelektrojenergetiki [The use of machine learning in situational management in relation to the tasks of the electric power industry] / L.V. Massel, O.M. Gerget, A.G. Massel et al. // Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii [Information and mathematical technologies in science and management]. 2019. No. 3 (15). - pp. 6-10;
9. Vedernikov A.S. Planirovanie rezhimov raboty jelektrojenergeticheskikh sistem [Planning of operating modes of electric power systems] / A.S. Vedernikov, A.V. Hoffman, L.A. Ketkin et al. // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovaniya [International Journal of Experimental Education]. - 2016. - No. 12-1. - pp. 79-80;
10. Kireev S.V. Rynok na sutki vperjod: koncepcija, cenoobrazovanie, fundamental'nye faktory [The market for the day ahead: concept, pricing, fundamental factors] / S.V. Kireev, I.B. Tyunin // Audit i finansovyj analiz [Audit and financial analysis] - No.2, 2011. pp. 1-4.
11. Hastie T. The Elements of Statistical Learning / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. Springer, 2014. - pp. 50-52.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.010>**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ
В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ**

Научная статья

Вигурская А.Е.¹, Аблязов Т.Х.², Коршунов А.Ф.^{3,*}² ORCID: 0000-0002-1579-4320;^{1, 2} Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия;³ Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия;

* Корреспондирующий автор (alexkorshun[at]mail.ru)

Аннотация

С ростом числа городов и все увеличивающимися объемами строительства неуклонно возрастает востребованность в профессиональных архитекторах, проектировщиках и конструкторах. В условиях изменения социально-экономических отношений, в том числе связанных с цифровой трансформацией среды жизни человека, возникают новые требования к городской среде. В результате происходит трансформация и архитектурно-строительного проектирования. Несоответствие застройки запросам потребителя отражается на качестве жилой среды. В статье выявлены причины возникновения данной проблемы, а также приведены практические примеры построенных объектов в условиях трансформации социально-экономических отношений. В результате авторами предложены пути решения обнаруженных проблем в области архитектурно-строительного проектирования городской среды.

Ключевые слова: архитектурно-строительное проектирование, застройка, городская среда, архитектура.**ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION DESIGN OF URBAN ENVIRONMENT IN THE CONTEXT
OF TRANSFORMING SOCIO-ECONOMIC RELATIONS**

Research article

Vigurskaya A.E.¹, Ablyazov T.Kh.², Korshunov A.F.^{3,*}² ORCID: 0000-0002-1579-4320;^{1, 2} Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia;³ Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia;

* Corresponding author (alexkorshun[at]mail.ru)

Abstract

With the growing number of cities and the ever-increasing volume of construction, the demand for professional architects and designers is also steadily increasing. The changing socio-economic relations, including those related to the digital transformation of the human environment, causes the emergence of new requirements for the urban environment. As a result, architectural and construction design is also undergoing a transformation. The discrepancy of housing development to the consumer's needs affects the quality of the living environment. The article identifies the causes of this problem, as well as provides practical examples of constructed objects in transforming socio-economic relations. The authors propose ways of solving the discovered problems in the field of architectural and construction design of urban environments.

Keywords: architectural and construction design, building, urban environment, architecture.**Введение**

С каждым годом наблюдается всё больший рост городов и увеличивается количество реализованных архитектурно-строительных проектов. Так, согласно статистических данных, если в 2013 году было построено 68 млн кв. м общей площади жилья, то в 2019 году - 79,4 млн кв. м, а в 2020 году - уже более 80 млн кв. м, что на 17,6% превышает показатель 2013 года. В среднем объем ввода жилья с каждым годом растет на 2,4% [1].

Растущие объемы строительства расширяют список требований к архитектурно-строительному проектированию и увеличивают количество его функций. Число реализованных заказов напрямую зависит от способностей специалистов - архитекторов, конструкторов, проектировщиков - приспособиться к современным тенденциям. Необходимо уметь совместить и соответствие продукта индивидуальным требованиям заказчика, и соответствие производства нормативным требованиям.

Вместе с тем, в настоящее время происходит стремительное изменение общественного мировоззрения во всем мире. Это наглядно иллюстрирует активное проявление следующих тенденций и трендов: повышенное внимание к принципам здорового и осознанного образа жизни, переход к удаленным способам работы, развитие гиперлокальности и проектного подхода, усиление миграции людей между сферами деятельности, подключение к интернету все большего количества устройств (функция «умный дом», к примеру), а также распространение роботизации производства.

Меняется также и досуг общества. Особенно ярко это изменение произошло в период пандемии. Если по данным опроса 2017 года уже в это время большинство граждан РФ проводили свободное время дома, остальные – на улице или в гостях, затем – кафе/рестораны [2], то сегодня в результате ограничений из-за эпидемии люди вынуждены проводить основное время дома. Поэтому очевидно, что человек всё больше нуждается в комфортной среде для работы и отдыха, а значит, и современному архитектурно-строительному проектированию требуются новые подходы и способы решения задач, поставленных обществом.

Основная часть

В современном мире происходит развитие нового самосознания, существенно отличающегося от прошлого. Образуется философия развития, направленная на противостояние процессам саморазрушения человеческой личности и разрушительным тенденциям внешней среды; создание условий для гармонизации открытых саморегулируемых систем и реализации творческого потенциала каждого; формирование и внедрение управления творчеством на всех уровнях.

Человеческое общество развивается и меняется с такой скоростью, что, по прогнозу специалистов НИУ ВШЭ, в 2025-2030 годах перейдет на следующий этап развития: будут активно распространяться нейроинтерфейсы, связывающие напрямую мозг и компьютер, мировая экономика перейдет на новую технологическую парадигму, высвобождая рабочие места в традиционных сферах и создавая новые в креативных индустриях [3]. Архитектурное проектирование в перспективе ближайших десятилетий будет сопровождаться применением искусственного интеллекта и алгоритмов анализа данных [4].

Объекты строительства становятся сложными интеллектуальными системами, обеспечивающими управление инженерными сетями не только в формате отдельных зданий, а в разрезе районов и городов [5]. При этом нельзя не учитывать вопросы долгосрочного развития общества, а именно концепцию устойчивости среды жизни человека [6]. В целях автоматизации и ускорения процессов градостроительного проектирования в РФ создаются цифровые платформы, среди которых ФГИС ТП и ГИСИСОГД, что в дальнейшем позволит создать единую интегрированную среду для проектирования и строительства [7].

Несмотря на то, что человечество уделяет большое внимание заботе о своём будущем и старается предусмотреть появление новых проблем, на данный момент существует большое количество нерешённых вопросов. Так Нургалиева М. в своём исследовании определяет ряд проблем, влияющих на возможности развития городской среды. К ним относятся: отсутствие стратегии и комплексного подхода в архитектурной политике, отсутствие различных стратегий поведения для разных типов горожан, сформированного запроса на развитие городской среды со стороны власти и жителей, понимания самореализации и горизонта планирования, а также продуманного образа будущего [8].

Евстратенко А. В. в своей работе о влиянии трансформации общественных отношений на архитектурное развитие города пишет, что при преобразовании материально-пространственной среды необходим акцент на следующих факторах:

- проблематика превосходства природы над человеком или человека над природой, их взаимное влияние;
- внимание к личности человека и создание комфортных условий его жизнедеятельности;
- проблема сомасштабности человека и искусственно создаваемой материальной среды;
- обеспечение условий для самореализации в условиях города;
- внедрение передовых разработок;
- качественная организация визуального пространства [9].

В связи с этим предлагается обратить внимание на развитие следующих аспектов: поиск приемов для связи с природой, экологизация архитектурной среды, развитие сегмента досуга, организация рабочего пространства в соответствии с понятием комфортной среды, информативность пространственной среды, создание ощущения безопасности, внимание к масштабу среды, параметрам зданий и сооружений, гуманизация среды, развитие креативных общественных пространств и использование гармоничных конструктивных приемов [9]. На наш взгляд, в условиях цифровизации общества, появляются дополнительные возможности развития этих направлений.

Важнейшим направлением формирования как потенциала человека, так и потенциала места его обитания, является стратегическое планирование развития городской среды. Именно оно может обеспечить городам дополнительные преимущества в конкуренции за талантливых людей с высокой профессиональной квалификацией и творческими способностями. Для этого следует выявить определенные факторы положительной оценки своего города или места; привлекательный внешний облик города, большое количество магазинов в шаговой доступности, широкие возможности для проведения культурного досуга и большое количество качественных заведений общественного питания [10]. Доктор Пер Густафсон также выявил факторы, определяющие эмоционально-психологические особенности места, формирующие привязанность к нему. К ним относятся оригинальность и связанность с определенной историей, наличие некой «тайны», порождающей любопытство зрителя, и разнообразие [8].

По словам французского философа Генри Лефевра, городская среда является результатом текущих экономических условий. Пространство не просто существует, оно подвержено постоянному переопределению, вызванному постоянными рыночными условиями [11].

В процессе трансформации социально-экономических отношений с точки зрения теории формирования нового сознания, человека и общества будущего, меняется и роль архитектурно-строительного проектирования. Дальнейшие рассуждения базируются на концепции формирования ноосферного мировоззрения. По нашему мнению, именно эта концепция позволит построить связь между архитектурой будущего и новым человеком, настроив их на параллельное, синхронное развитие. Основная цель труда архитектора-конструктора – создать продукт на основе интереса человека и для человека. В таком случае развитие архитектуры сохраняет свой смысл и назначение. Исследование изменения человеческого мышления и прогнозирование его особенностей дает возможность создать среду с учетом всех потребностей. Изучение перспектив современной архитектуры необходимо начинать с анализа мировоззрения современного общества.

Глобальная цель архитектора – отразить взгляды общества или же наоборот заложить в него новые мысли. В современной архитектуре и строительстве нередко бывает так, что при возведении сооружений в приоритет ставятся вовсе не масштабные идеи, способные действительно изменить мышление и повлиять на мироощущение человека, суметь внести вклад в изменение и развитие мира и дать толчок к дальнейшему прогрессу, а довольно мелкие и не имеющие большого значения в мировом масштабе цели. В наши дни достаточно часто можно наблюдать проблему несоответствия сооружения запросам потребителя. Нередко строительство идет по «легкому пути», когда предпочтение

отдается удобству исполнителя и минимизации материальных затрат, а на втором плане остаются эстетика, качество, удобство и первоначальная идея проекта.

С точки зрения авторов, одним из примеров неудачной жилой застройки можно считать некоторые из жилых комплексов в городах Ленинградской области, таких как Кудрово и Мурино. Их застройка относится к современной архитектуре, так как они были построены относительно недавно. Однако, по отзывам жителей этих городов, можно сделать вывод, что не все условия для их комфортной жизни были соблюдены при создании проекта и его осуществлении.

Альтернативным и удачным результатом успешной градостроительной деятельности является жилой квартал в районе Royal Seaport Stockholm - Stora Sjöfallet, построенный в 2017 году. В его концепции учитываются многие необходимые факторы, выделенные выше. Жилые здания объединены между собой средой с благоустройством, сделан акцент на экологичность комплекса в целом и озеленение территории дворов, визуальное сочетание объектов гармонично с их разнообразием. Всё это позволяет человеку чувствовать себя комфортно как на собственной территории, так и в общественном пространстве.

Размышляя над причиной возникновения данной проблемы, авторы выделяют следующие аспекты. Архитектор может, являясь хорошим специалистом, разбираться в современной технологии строительства и проектирования, постоянно повышать свой уровень знаний в растущем и современном разнообразии строительных материалов и конструкций, но не быть осведомлённым в необходимости связи своей деятельности с человеческой социологией и психологией. Даже опытный архитектор-конструктор, совершенствуясь в своей профессии и углубляясь в ее детали, может терять из виду ее связь с множеством других наук. В этом случае большое влияние на общее понимание цели своей специальности и профессиональной деятельности будущим архитектором, проектировщиком имеет учебное заведение. Одна из его функций – ввести в профессию, «начать издалека», объяснить, с какой целью специалист впоследствии будет создавать свой продукт, начать с больших масштабов, постепенно сужая и углубляя преподносимые знания. Именно на начальном этапе обучения есть возможность обратить внимание ученика на связь архитектуры с другими областями науки и искусства, обучить замечать и использовать её, объяснить сначала, с какой целью он будет создавать продукт, а потом – каким образом.

Еще одной причиной возникновения проблемы различия между потребностями проекта и итогом строительства может являться ограниченность архитектора. Данная причина схожа с предыдущей, но отличается тем, что специалист в этом случае информирован о связи своей деятельности с глубинным пониманием человеческой личности и стремится к использованию результатов её изучения в создании концепции, но сталкивается с недостатком информации, находящейся шире круга интереса специальности и скорее являющейся частью общей эрудированности, нежели напрямую относящейся к деятельности архитектора. В этом случае решением будет разностороннее развитие специалиста не только в своей специальности, но и в дисциплинах, смежных с профильной сферой или способствующих пониманию задач внутри нее.

Если изучение соприкасающихся с архитектурой наук окажется слишком трудозатратным для одного человека, удачным решением была бы совместная работа архитектора со специалистами из необходимых сфер, чтобы, собрав углубленные знания, необходимые для создания верного сочетания свойств продукта, и выполнив качественный анализ, совместно разработать комфортную среду, способствующую развитию и самореализации каждого человека. Как отметил В. Гропиус в своей речи в 1961 г., необходимо «объединение на широчайшей основе» [12]. Преимущественно совместные размышления и обмен мнениями, с его точки зрения, являются условиями подлинно культурного прогресса, ведь «если творческий индивид воспринимает стимулирующую критику другого, работа подвигается еще успешнее и тем легче устанавливаются связи между всеми обширными задачами, которые возникают в совместном творчестве». Несмотря на то, что эти слова были сказаны более полувека назад, они сохраняют свою актуальность и в наши дни.

Применение опыта и знаний специалистов из различных областей и специальностей в рамках междисциплинарного подхода признается основой развития среды жизни в направлении повышения её комфортности и безопасности [13]. Также распространенная в настоящее время концепция «умного» города подразумевает совершенствование городов по всем направлениям, от транспорта до «умных» домов [14], что требует от архитектора понимания общего направления развития территории города.

Кроме того, всё больше архитекторы отходят от типовых проектов, внедряя в проекты элементы в неоретроспективной стилистике, связанные с воссозданием сложных и уникальных архитектурных элементов на основе цифровых моделей существующих памятников архитектуры, для чего используются современные технологии информационного моделирования [15].

Также авторами определена третья причина – архитектор, осведомлённый об анализе и прогнозировании поведения современного общества, имеющий различные ресурсы для этого, но придерживающийся позиции, последствия которой были описаны выше. В этом случае архитектура теряет свою суть и основную цель, за ней больше не стоит серьезная, продуманная концепция.

Нахождение оптимальных и с точки зрения заказчика, и с точки зрения архитектора решений является одной из задач, стоящих перед архитектурным проектированием в условиях трансформации социально-экономических отношений [16], [17]. Надо учитывать и то, что человек сегодня поставлен в совершенно иное коммуникативное пространство – он находится в постоянном контакте с другими [18]. Основная цель архитектуры – создание нашей культуры [19], что невозможно без коммуникаций и сбора источников информации.

Обладая обширным количеством источников информации и способностями к постоянному анализу и поиску решений возникающих проблем, современный архитектор способен повлиять на самовосприятие современного общества, предугадать его потребности и создать осмысленный продукт, основанный на глубокой логике, которая считывалась бы человеком на подсознательном уровне. Выполняя работу над проектом, архитектор обязан учитывать множество точек зрения и находиться в поиске компромисса между ними, он должен предугадывать и предлагать обществу перемены, которое оно ожидает увидеть. В результате возможно создать архитектурный объект,

обладающий гибкостью, который бы соответствовал постоянно изменяющимся требованиям и потребностям заказчика.

Заключение

Таким образом, архитектура, созданная с учётом результатов исследования современного общества, не потеряет свою актуальность в течение долгих лет, так как при разработке проекта будет использовано прогнозирование, что позволит ему соответствовать как современным, так и требованиям, возникающий в будущем. Дополнительным способом сохранения актуальности объекта можно назвать строительство здания, способного к трансформации и изменению если не целиком, то частично.

Для действительно удачной реализации архитектурно-строительных проектов необходимо объединение специалистов всех сфер градостроительства, а также работа социолога, психолога, дендролога, дизайнера архитектурной среды и архитектора. Усовершенствование проектирования сооружений оказывает влияние на уровень архитектуры в стране в целом. Несомненно, качество жилых территорий зависит от развития страны. Так в странах СНГ, как и Европы, есть примеры и удачной жилой архитектуры, и зданий, не соблюдающих потребности заказчика (плотность застройки, прочность конструкций, качество материалов, проблемы с парковочными местами, недостаток озеленения и благоустройства). Именно эти проблемы общество имеет возможность решить благодаря использованию нового взгляда на роль архитектурно-строительного проектирования в современном мире.

Финансирование

Статья подготовлена в рамках работы по Гранту Президента Российской Федерации МК-462.2020.6.

Funding

The article was written as part of the work on the Grant of the President of the Russian Federation MK-462.2020.6.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <https://gks.ru> (дата обращения: 25.10.2021).
2. Как россияне проводят свой досуг [Электронный ресурс] // Институт общественного мнения. – URL: <https://iom.anketolog.ru/2017/08/11/kak-rossiyane-provodyat-svoj-dosug> (дата обращения: 25.10.2021).
3. Дорога длиною в век: по какому пути пойдет развитие человечества [Электронный ресурс] // РБК. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5e0386609a7947086502e858> (дата обращения: 27.10.2021).
4. Салех М. С. Основные направления развития цифровых методов проектирования в новейшей архитектуре / М. С. Салех // АМІТ. - 2020. - № 2 (51). - С. 351-361.
5. Голубова О. С. Умные города и умные здания: современное состояние и экономическая эффективность / О. С. Голубова // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. - 2019. - № 1 (220). - С. 65-72.
6. Хартия «Города Европы на пути к устойчивому развитию» Ольборгская хартия [Электронный ресурс]. – URL: <https://textarchive.ru/c-2497878.html> (дата обращения: 28.10.2021).
7. Тарарин А. М. Цифровая трансформация градостроительной деятельности / А. М. Тарарин // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. - 2021. - № 1. - С. 110-121.
8. Нургалиева М. Управление развитием и психология городской среды / М. Нургалиева // - Ижевск: архитекторы.рф, 2020. – 19 с.
9. Евстратенко А. В. Влияние трансформации общественных отношений на архитектурное развитие города // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: материалы международной научно-практической конференции: сборник статей / отв. ред. А. Б. Храмцов. Том I. – Тюмень: ТИУ, 2020. - С. 137-142.
10. Исследование «Борьба за горожанина: человеческий потенциал и городская среда» [Электронный ресурс]. – URL: https://лучшие-практики.рф/uploads/files/2014_battle_for_citizens_compressed.pdf (дата обращения: 12.10.2021).
11. Piatkowska K. K. Economy and architecture. The role of architecture in process of building the economic potential of space / K. K. Piatkowska // Humanities and Social Sciences Review. -2012. - Vol. 1. -№ 2. - P. 549-555.
12. Гропиус В. Роль архитектора в современном обществе [Электронный ресурс] / В. Гропиус // Totalarch. – URL: <http://theory.totalarch.com/node/450> (дата обращения: 23.10.2021).
13. Аблязов Т. Х. Концепция применения междисциплинарного подхода к реализации проектов по формированию комфортной среды жизни человека в условиях цифровой экономики / Т. Х. Аблязов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: экономика и право. – 2021. - № 2. – С. 5-8.
14. Vishnivetskaya A. «Smart city» concept. Implementation practice [Electronic resource]/ A. Vishnivetskaya, E. Elexandrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 497, 012019. - URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012019> (accessed: 25.10.2021).
15. Yamshanov I. V. Digital Modeling in the Design of Buildings of Non-Retrospective Stylistics in Russia at the Beginning of the 21st Century / I. V. Yamshanov, T. H. Ablyazov // Components of scientific and technological progress. – 2020. - № 7 (49). – P. 30-39.
16. Янковская Ю. С. К формированию современной архитектурной теории / Ю. С. Янковская // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. -2009. - №1. - С. 88-91.
17. Явейн О. И. Междисциплинарные концепты как инструментальный архитектурного проектирования / О. И. Явейн, Ю. С. Янковская // Архитектура и строительство России. – 2021. – № 1 (237). – С. 88–95.

18. Воронкова В. Г. Формирование нового мировоззрения, нового человека, нового общества будущего / В. Г. Воронкова // Антропологические измерения философских исследований. - 2013. - Вып. 3. - С. 69-81.
19. Buchanan P. The Big Rethink Part 4: The Purposes of Architecture - Architectural Review [Electronic resource] / P. Buchanan // The Architectural Review. – URL: <https://www.architectural-review.com/archive/campaigns/the-big-rethink/the-big-rethink-part-4-the-purposes-of-architecture> (accessed: 25.10.2021).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal State Statistics Service] [Electronic resource]. – URL: <https://gks.ru> (accessed: 25.10.2021). [in Russian]
2. Kak rossijane provodjat svoj dosug [How Russians spend their leisure time] [Electronic resource] // Institut obshhestvennogo mnenija [Institute of Public Opinion]. – URL: <https://iom.anketolog.ru/2017/08/11/kak-rossiyane-provodyat-svoj-dosug> (accessed: 25.10.2021). [in Russian]
3. Doroga dlinoju v vek: po kakomu puti pojdet razvitie chelovechestva [A century-long road: which path will the development of mankind take] [Electronic resource] // RBK [RBK]. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5e0386609a7947086502e858> (accessed: 27.10.2021). [in Russian]
4. Saleh M. S. Osnovnye napravlenija razvitiya cifrovych metodov proektirovaniya v novejshej arhitekture [The main directions of development of digital design methods in the latest architecture] / M. S. Saleh // AMIT [AMIT]. - 2020. - № 2 (51). - P. 351-361. [in Russian]
5. Golubova O. S. Umnye goroda i umnye zdaniya: sovremennoe sostojanie i jekonomicheskaja jeffektivnost' [Smart cities and smart buildings: current state and economic efficiency] / O. S. Golubova // Trudy BGTU. Serija 5: Jekonomika i upravlenie [Proceedings of BSTU. Series 5: Economics and Management]. - 2019. - № 1 (220). - P. 65-72. [in Russian]
6. Hartija «Goroda Evropy na puti k ustojchivomu razvitiyu» Ol'borgskaja hartija [Charter "European cities on the way to sustainable development" Aalborg charter] [Electronic resource]. – URL: <https://textarchive.ru/c-2497878.html> (accessed: 28.10.2021). [in Russian]
7. Tararin A. M. Cifrovaja transformacija gradostroitel'noj dejatel'nosti / A. M. Tararin [Digital transformation of urban planning activities] // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tehnologij [Bulletin of the Siberian State University of Geosystems and Technologies]. - 2021. - № 1. - P. 110-121. [in Russian]
8. Nurgalieva M. Upravlenie razvitiem i psihologija gorodskoj sredy [Development management and psychology of the urban environment] / M. Nurgalieva // - Izhevsk: arhitektory.rf [Izhevsk: architects.rf], 2020. – 19 p. [in Russian]
9. Evstratenko A. V. Vlijanie transformacii obshhestvennyh otnoshenij na arhitekturnoe razvitie goroda [Influence of transformation of public relations on the architectural development of the city] // Arhitektura i arhitekturnaja sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: sbornik statej [Architecture and architectural environment: issues of historical and modern development: materials of the international scientific and practical conference: collection of articles] ed. A. B. Hramcov. Vol I. – Tjumen': TIU, 2020. - P. 137-142. [in Russian]
10. Issledovanie «Bor'ba za gorozhanina: chelovecheskij potencial i gorodskaja sreda» [Research "Struggle for a citizen: human potential and urban environment"] [Electronic resource]. – URL: https://luchshie-praktiki.rf/uploads/files/2014_battle_for_citizens_compressed.pdf (accessed: 12.10.2021). [in Russian]
11. Piatkowska K. K. Economy and architecture. The role of architecture in process of building the economic potential of space / K. K. Piatkowska // Humanities and Social Sciences Review. -2012. - Vol. 1. -№ 2. - P. 549-555.
12. Gropius V. Rol' arhitekta v sovremennom obshestve [The role of an architect in modern society] [Electronic resource] / V. Gropius // Totalarch [Totalarch]. – URL: <http://theory.totalarch.com/node/450> (accessed: 23.10.2021). [in Russian]
13. Abljazov T. H. Konceptija primenenija mezhdisciplinarnogo podhoda k realizacii proektov po formirovaniju komfortnoj sredy zhizni cheloveka v uslovijah cifrovoj jekonomiki / T. H. Abljazov // Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Serija: jekonomika i pravo. – 2021. - № 2. – P. 5-8. [in Russian]
14. Vishnivetskaya A. «Smart city» concept. Implementation practice [Electronic resource] / A. Vishnivetskaya, E. Elexandrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 497, 012019. - URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012019> (accessed: 25.10.2021).
15. Yamshanov I. V. Digital Modeling in the Design of Buildings of Non-Retrospective Stylistics in Russia at the Beginning of the 21st Century / I. V. Yamshanov, T. H. Abljazov // Components of scientific and technological progress. – 2020. - № 7 (49). – P. 30-39.
16. Jankovskaja Ju. S. K formirovaniju sovremennoj arhitekturnoj teorii [Towards the formation of modern architectural theory] / Ju. S. Jankovskaja // Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN [Academic Bulletin UralNIIproekt RAASN]. - 2009. - №1. - P. 88-91. [in Russian]
17. Javejn O. I. Mezhdisciplinarnye koncepty kak instrumentarij arhitekturnogo proektirovaniya [Interdisciplinary concepts as a toolkit for architectural design] / O. I. Javejn, Ju. S. Jankovskaja // Arhitektura i stroitel'stvo Rossii [Architecture and construction of Russia]. – 2021. – № 1 (237). – P. 88–95. [in Russian]
18. Voronkova V. G. Formirovanie novogo mirovozzrenija, novogo cheloveka, novogo obshhestva budushhego [Formation of a new worldview, a new person, a new society of the future] / V. G. Voronkova // Antropologicheskie izmerenija filosofskih issledovanij [Anthropological measurements of philosophical research]. - 2013. – Vol. 3. - P. 69-81. [in Russian]
19. Buchanan P. The Big Rethink Part 4: The Purposes of Architecture - Architectural Review [Electronic resource] / P. Buchanan // The Architectural Review. – URL: <https://www.architectural-review.com/archive/campaigns/the-big-rethink/the-big-rethink-part-4-the-purposes-of-architecture> (accessed: 25.10.2021).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.011>

ЭКСПРОМТ НА ТЕМУ ПРОБЛЕМ ОБРАЗОВАНИЯ

Научная статья

Ткачев В.Н.*

ORCID: 0000-0001-9664-1790,

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (valentintn[at]mail.ru)

Аннотация

Статья сложилась на основе информационных источников, личных наблюдений и аналитических извлечениях из них, актуализированных более чем 50-летним опытом педагогической работы в вузах с архитектурной специализацией. Идеи, изложенные здесь, витают в атмосфере ментальности давно, созревают, «тяжелют» в своей значимости или, наоборот, тают в силу осознанной архаичности, оставаясь достоянием истории, казалось бы, поучительной.

Сортировка накопленного материала отложилась в следующих тематических ящиках:

- кому и зачем нужно систематизированное образование,
- технология самого процесса образования; современное состояние системы (акцент делается на негативные явления),
- тупики, опасности и перспективы развития (или угасания?).

Возможно, некоторые выводы и соображения автора покажутся специалистам утратившими актуальность, выходящими за пределы отраслевой конформности и концептуального мейнстрима, но представляется, с другой стороны, что привлечение к суждениям о предмете образования методологического опыта сопредельных специальностей или даже просто житейского опыта окажется позитивным и вызывающим тревогу апокалиптическими перспективами. В статье рассматриваются образовательные системы, их девиации и инерционность, бум академизации вузов, элитное образование, интеллектуальные диверсии, культурный суверенитет.

Ключевые слова: стихийное и систематизированное образование, информационные технологии, дистанционное образование, цифровизация, интеллектуальные диверсии.

IMPROMPTU ON THE TOPIC OF EDUCATION PROBLEMS

Research article

Tkachev V.N.*

ORCID 0000-0001-9664-1790,

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

* Corresponding author (valentintn[at]mail.ru)

Abstract

The article was formed on the basis of information sources, personal observations and analytical extracts based on them with more than 50 years of teaching experience in universities that study architecture. The ideas presented in the article have been floating in the atmosphere of mentality for a long time, mature, "get heavier" in their significance or, conversely, melt due to conscious archaism, remaining the property of a seemingly instructive history.

Sorting of the accumulated material was postponed in the following thematic categories:

- who needs a systematic education and why,
- the technology of the education process itself; the current state of the system (emphasis is placed on negative phenomena),
- dead ends, dangers and prospects for development (or atrophy?).

Perhaps some of the author's conclusions and considerations will seem to have lost relevance to specialists, going beyond the limits of industry conformity and conceptual mainstream, on the other hand, it seems that bringing methodological experience of neighboring specialties, or even everyday experience into discussions, on the subject of education will turn out to be positive and alarming with its apocalyptic prospects. The article discusses educational systems, their deviations and inertia, the boom of university academization, elite education, intellectual sabotage, cultural sovereignty.

Keywords: spontaneous and systematized education, information technologies, distance education, digitalization, intellectual sabotage.

Введение. Кому и зачем нужно систематизированное образование

Система образования — это сложившаяся в ходе цивилизации практика передачи ментальной информации и производственного опыта — сначала по простейшей схеме «делай как я». Собственно, именно благодаря налаженным каналам обмена информацией и совершенствованию опыта общения со средой установился перманентный прогресс технической цивилизации.

Начальная синкретичная форма переноса информации постепенно дифференцировалась на организационные виды (непосредственного и заочного общения субъектов информационного обмена, дистанционных по времени и расстояниям, языку и т.п.), а также технологию собственно обучения. Затем наметился водораздел между сферами гуманитарного и производственного информобмена, закрепившимися в различии образовательных систем и методов обучения.

Системность приобрела сначала гуманитарная, светская система образования.

В античной Греции (что было раньше, нам неизвестно) объектом обучения стало искусство риторики, полемики, софистики суждений, где непосредственное общение с наставником, мэтром сложилось как наиболее плодотворная, результативная методика обучения — другие еще не созрели. Она была реализована в философских школах Платона,

Аристотеля и, видимо, других, менее известных истории менторов и до сих пор остается самой эффективной формой обучения [1].

Пожалуй, до зарождения промышленного производства XVI века гуманитарная система образования оставалась главной в деятельности европейских университетов (опустим информацию об учебных заведениях других регионов планеты), в которой светское обучение успешно преодолевало прессинг церкви, время от времени устрашавшей народы показательными гонениями на диссидентов (Г.Галилей, Дж.Бруно, Ян Гус, ведьмы...).

Обучение искусствам и ремеслам оставалось в ведении опытных профессионалов, окружавших себя учениками, которые были в основном на положении подмастерьев и прислуги, обязанных самим постигать секреты ремесла. Секретами мэтры не торопились делиться, вроде скрипичных мастеров Италии. Виртуозное мастерство масонов, творцов французской готики, так и осталось зашифрованным в истории их семей [2].

Искусство риторики, философии, медицины, астрологии, алхимии оттачивалось практикой, ревнивым общением с коллегами.

В производственной же деятельности пришлось вводить стадийность обучения, стартовавшего с простых операций и завершавшегося высоким уровнем теоретических и практических знаний, уважением соперников. Овладение мастерством было штучным делом, складываясь как личная творческая биография. Как полагал историк архитектуры О.Шуази, в Древнем Египте архитектурное мастерство передавалось по наследству и было династической профессией [3].

Актуальной стала непрерывность профессионального образования, выраженная в России до недавнего времени ступенями когнитивности от школы, ремесленного училища, техникума к отраслевому институту. Эффективность этой организационной образовательной системы была осознана только после разрушения всей цепочки. Характерно, что основная масса специалистов-производственников воспитывалась в средних учебных заведениях, техникумах. Отраслевые институты, их было немного, но вполне достаточно, готовили руководящие кадры, прошедшие сначала школу практической работы по специальности, а не попавшие в институт со школьной скамьи — как это происходило впоследствии.

Дефекты ползучей расслабленности в этой сфере изложены ниже.

Общая для всей российской системы высшего образования беда — ее инерционность (или инертность), несмотря на, казалось бы, активное включение в технику обучения новаторских методов, информационной технологии, цифровизации. Рассмотрим проблему детально.

С некоторых пор идея сделать СССР самой образованной страной в мире стала государственной программой. Образованность и потом обретение научной степени — уже давно стереотипы социальной престижности человека. Да, это знак повышенного уровня жизни, ну и аристократических амбиций, хотя в послевоенную пору школьники шести- и восьмиклассники шли в ремесленные училища и техникумы, не считая это ущербным выбором. Сегодня практически все школьники заканчивают обучение десятым- одиннадцатым классом, загодя ориентируясь на поступление в институт, напрягая бюджет семьи.

Эта переходная фаза между двумя ступенями образованности приобрела довольно быстро криминальный оттенок. Льготы медалистам? Пожалуйста, большинство десятиклассников Кавказа (в конце прошлого века было такое) стали золотыми медалистами. Подтасовки на экзаменах в сибирских и дальневосточных школах тоже быстро обнаружили.

Введенный ЕГЭ, якобы для выравнивания шансов школьников с периферии на поступление в столичные вузы, оброс фантастическим количеством превентивных мероприятий, предотвращающих подлог на экзамене, и превратился в шпионскую игру. Можно добавить «выгоду» от хронологического люфта ЕГЭ на востоке и в европейской части России.

Свои системы пополнения бюджета сложились и в самих вузах. Еще не остыла память о торговле учеными степенями, налаженная преступниками от науки, возглавлявшими ВАК лет двадцать тому назад. Поразительно, что на пути достижения титулов, удостоверяющих высокий уровень интеллекта и морали, в ходу было вроде бы бесхитростное и потому безнаказанное мошенничество.

Это поветрие совпало с негласным появлением аристократических клубов, члены которых легализовали свои дворянские родословные, награждали друг друга орденами и званиями царских времен. Говорят, и масонские ложи в России есть [4].

Последовали и неуместные для российской традиции попытки навязать системную структуру западных школ, болонскую в первую очередь, с расщеплением высшего образования на бакалавриат и магистратуру, удвоением учебных программ и административного аппарата, вытеснением специалитета — системы упрощенной и логичной структуры, экономной и психологически устоявшейся в России с противопоставлением бифуркаций учебных направлений, явно бесполезных.

Исключение специалитета удлинит сроки пребывания студента в вузе, при этом магистратура как-бы «подпирает» аспирантуру, обесценивая ее качественный уровень и провоцируя переход на одноступенчатую работу над диссертацией — докторской, но воспринимаемой психологически ущербной.

Этот сдвиг по фазе унизит и институт оспециализации, исключив кадровую последовательность роста ученых. Надо понимать, что статус доктора на западе совсем иной, чем у нас в России, гораздо ниже, но и «докторов» там больше.

К тому же, сложившаяся на западе образовательная система по целому ряду расхождений не может фрагментарно трансплантироваться в российскую высшую школу. Такие системы пересаживаются только целиком, поскольку на культуру другой интеллектуальной истории они прививаются трудно.

Консерватизм образовательной системы не самое худшее ее качество. Причем инерционность западных школ проявляется в форме: традиционности базовых курсов, старинной символике, студенческой форме, гимнах, неизменности торжественных церемоний, архаичности самой среды учебных зданий, — но содержание собственно образования оперативно обновляется, совершенствуется. Капитализм, понимаете?

Наша, российская инерционность, напротив, проявляется в содержании, а видимость изменений создается заимствованным на западе обновлением названий учебных заведений, форм, увеличением единиц администрации,

органов контроля, надзора, необходимость которых компенсирует отсутствие фанатизма к учебе студентов, что передается и преподавателям, не ощущающим стремлений студентов к знаниям.

После ликвидации практики послевузовского распределения стали очевидными два взаимосвязанных явления: перепроизводство специалистов, которых по инерции готовили вузы, ибо студенты — это объект труда преподавателей, и, понятно, избыточное количество отраслевых вузов, даже после ревизии коммерческих.

С университетами все более-менее ясно, они дают просто светское образование, готовят гуманитариев, культурных людей.

Можно, конечно, предположить, что есть негласная государственная программа держать молодежь в образовательной системе столько времени, сколько нужно, чтобы не усугублять кризисную ситуацию с отсутствием рабочих мест.

Некоторой разрядке ситуации с количественным перегревом вузовского образования способствует территориальное перемещение учащихся, в основном за границу. Уже достаточно много семей, которые в состоянии отправить своих чад за рубеж, питая иллюзии лучшего для них будущего там, либо здесь, где, конечно, специалисты со знанием иностранного и западными техническими навыками будут более востребованными, чем доморощенные инженеры. Они, оказывается, правы!

Есть, конечно, нюанс. Направленные на учебу за границу и вернувшиеся на родину, кроме приобретенных знаний несут в себе измененную социальную психологию: почтение к Западу и равнодушие к Родине.

Заметим, что подобную тактику обучения в советских вузах молодых африканцев проводило и наше правительство, особенно в середине-конце XX века. Но благодарности мы не дождались и долги нам не вернули!

Теперь обратим внимание на то, с какой охотой и обещаниями преференций западные школы, в основном гуманитарного направления — Кембридж, Оксфорд, Гарвард, Принстон — принимают студентов, тем более молодых ученых, из России. Идея здесь прозрачна — готовить пятую колонну в стране, препятствующей перманентному и разнообразному по приемам — военным, политическим, дипломатическим — намерению добраться до природных богатств российской половины Евразийского континента.

Надо понимать, что столь же прозрачна идея превратить Россию в территорию, утратившую государственность, культурный, политический и экономический суверенитет, утратившую внутренние связи. Если россияне, конечно, не вспомнят о необходимости хозяйственного освоения Востока своей страны [5].

Кто же все-таки продолжает активно насаждать зарубежный опыт в работу и структуру высших учебных заведений России? Может быть, те из ответственных сотрудников Минобрнауки, которые часто навещают западных коллег и очень боятся попасть под санкции запрета на приятные визиты? И ведь, действительно, нет на них санкций, разрушающих мосты перехода. Что бы это значило? Не хотелось бы думать плохое о лучших людях нашей образовательной системы, заботящихся о ее прогрессе.

Что еще могут извлечь наши западные «партнеры» из продукции российской высшей школы? Постоянные, слегка прикрытые от наивных россиян, способы добраться до нее явно свидетельствуют о ее неординарности. Казалось бы, нелогично, но на самом деле совершенно закономерно — успешно развиваются те области науки, образования, производства, которые находятся в неблагоприятных, но не губительных условиях. Ну вот таков феномен России! Эта же закономерность работает на выживаемость этнических субстратов; это так, кстати.

На таком оксюмороном существует нехитрый трюк извлечения полезной информации о разработках российских ученых, большая часть которых работает в сфере образования, и без затрат на предосудительный шпионаж.

Речь идет, вы догадываетесь, о научных публикациях в престижных западных журналах, к которым нас из благих, понятно, намерений подталкивает и Минвуз, и руководство институтов. Схема проста: вы желаете попасть на страницы журналов под грифом Scopus или WoS и представить свое имя научной общественности и коллегам Запада? Но для этого вам необходимо представить материал на безупречном техническом английском, кратко, по регламенту агентурных донесений изложить содержание своей работы, заплатив к тому же приличную сумму менеджерам. Вход в научное сообщество западной элиты небесплатен, хотя прямую выгоду из ваших научных откровений получают, и бесплатно, и в компактной вербальной упаковке с необходимыми схемами те, кто организовал эту осведомительную сеть под прикрытием международного обмена научной информацией. Всем хорошо. Или вы забыли, что сегодня информация — это оружие?

Ученых, что по недомыслию или корысти продающих иностранным фирмам разработанные ими технические новинки, сажают в тюрьму — за измену Родине!

А поток информации, тоже, наверное, не пустой, идет в зарубежные журналы беспрепятственно, легально и безнаказанно, более того — поощряется. И кого, собственно, наказывать, кто допустил (или организовал?) этот поток беспощинной шпионской информации? Вы не знаете?

Не надо говорить об укреплении взаимопонимания и международных научных связей между Россией и «партнерами», вежливые улыбки которых все чаще напоминают оскал хищников. Хватит иллюзий! Не только Россия является объектом острой, едва скрываемой неприязни. Запад стремится всеми силами разобщить славянские народы, в единстве которых он инстинктивно чувствует опасность и приговор своим корыстным надеждам.

Последний — по хронологии — удар был нанесен российской образовательной системе на всех уровнях пандемией вируса COVID-19 [6].

Помимо деструкции всей системы в целом вводом режима дистанционности нарушилась сама технология обучения. Бесспорно, впрочем, пандемия ускорила процессы обновления школы, как это нередко случается после катастроф, детерминированных точкой сингулярности (то есть, достижением предельного тупика развития).

Обратимся к внутренним проблемам системы образования, сложившимся суммированием признаков инерционности «встряской» реакции на пандемию вируса, видимо, не последнюю, судя по беспечности населения, не спешащего вакцинироваться.

Методы технологии образования: история и современность

Участники процесса образования, обмена информацией — упрощенно говоря, учитель и ученик. Формы их общения: личные контакты, заочные связи (по времени и дистанции), самостоятельное обучение посредством овладения предоставленным методическим материалом и опытом. Успешность обучения устанавливается практикой освоения материала и способностью на этом основании развивать свои навыки дальше. Или удостоверяется дипломом, сертификатом, чем, конечно, немедленно пользуются недобросовестные люди, полагающие, что прием их на престижную работу не будет омрачен бестактным требованием предъявить квалификационный документ.

Технология контактного обучения издавна сложилась и не утратила целесообразности и сегодня. И претерпевала изменения в виде постепенного отделения менторов от своих послушников. Идея нести истину в народ грела фанатизм христианских апостолов, распространявших учение Христа по всему Средиземноморью, и поздних проповедников.

Итальянский монах Дж.Бруно, перемещаясь как пилигрим по Европе, «сеял» учение Н.Коперника о гелиоцентризме. Задолго до этого философы античности обретали образованность у математиков и алхимиков Египта, чародеев Магриба, путешествуя по берегам Средиземного моря.

Личное общение адептов со своими наставниками, начиная с Сократа, было достаточным для усвоения простых житейских истин и менторской философии.

Современное обучение, обезличенное, переходящее в сферы дигитально-информационной технологии, вполне соответствует режиму инкогнито образования, емкость которого нередко измеряется только трудолюбием обучаемого. То есть, происходит естественная фильтрация людей, желающих получить реальную пользу от образования.

Вообще, надо особо отметить, что в современном обществе проблема подлогов, извращений, обмана и прочих искажений действительности в корыстных целях, становится одной из самых острых, дестабилизирующих общественные связи и деформирующих моральные императивы. Кажется, что нравственные установки в современном мире соблюдаются только церковью, да и то неизвестно, насколько искренне.

Вернемся, однако к прямым вопросам образования.

Мы уже обозначили разницу между гуманитарным, светским образованием и специальным профессионально-техническим, конкретно работающим на развитие технической цивилизации.

Наиболее результативно непрерывное образование, когда в семейном кругу или в сообществе мастеров монопроизводства традиции ремесла поддерживались с ранних лет; взрослея, человек накапливал нужные навыки, особенно важные для ювелиров, часовщиков, стеклодувов. Образование было закрытым, чужие не допускались к секретам производства. В Китае под страхом смерти запрещалась публикация технологий фарфора, шелка, пороха. Венецианских стеклодувов всячески старались переманить ко дворам европейских королей [7]. Алхимики мистифицировали свои достижения и тайны своих экспериментов нередко уносили в могилу. Завеса научной интриги окружает исчезнувшие архивы Н.Теслы.

Последовательность профессионального образования от школьных кружков, техникумов, институтов, сложившаяся в СССР в XX веке, постепенно заглохла, во многом благодаря возобладавшей идее-фикс всеобщего высшего образования, обесценившей значение обучения рабочим профессиям.

Сильным психологическим стимулятором в очном обучении является гражданский и профессиональный образ учителя, наставника, особенно в функции воспитателя.

Только постоянный наставник может неустанным повторением корректирующих приемов, то, что принято называть итерацией, достичь необходимого уровня знания и опытности ученика. Заочными советами в ремесле, спорте, живописи, музыке, архитектуре достичь успехов практически невозможно.

Чрезвычайно важно самонаблюдение в достижении результатов обучения, а также успехов соучеников, членов команды. Мастер-класс педагога, тренера, демонстрирующих профессиональный уровень владения специальностью, ознакомление с «живыми» методическими пособиями: схемами, фильмами, тренажерами, интерактивными приборами — лучший аргумент в пользу очной педагогики. На это обратил внимание и Рэй Брэдбери в своей антиутопии «451 по Фаренгейту», где описано общество, сжигающее книги и исповедующее дистанционное образование.

Многие выдающиеся ученые достигли профессиональных высот самообразованием, во всяком случае, начиная с него; например — французский архитектор Ле Корбюзье. Но, как правило, это касается профессий гуманитарных.

Технические науки вне организованного образовательного центра, связанного с производством, блистательных примеров выдающихся достижений имеют считанные единицы.

Тем более странным представляется уже повторное намерение Минобрнауки интегрировать учебные программы первых курсов вузов независимо от их профессиональной ориентации. То есть, студенты-первокурсники металлурги, строители, медики, с одной стороны, и студенты художественных, театральных, музыкальных вузов должны иметь одинаковые базовые дисциплины?

В пространстве и времени технология обучения реализуется в аудиторном режиме, в лабораториях, пунктах практики.

В аудиторной работе есть некоторые предельные условия. В используемых сегодня гигантских поточных аудиториях (задуманных такими в заданиях на архитектурный проект — тот же порок гипертрофии амбиций) наблюдается эффект потери лекторами чувства контакта с аудиторией (слушателями).

Тогда надо выбирать: прогонку лекции большому потоку или проводить занятия с реагирующими на излагаемый материал небольшими группами.

Кстати, при обучении творческим профессиям процентное соотношение преподаватель-студент не должно превышать 1: 5. В строительных вузах, где есть архитектурная специальность, базовые нормы указанного соотношения равны примерно 1:20 (не ищите точных цифр!), которые распространяются, конечно, и на учебные часы для архитекторов.

Законы экономики безжалостны; чтобы институт мог без проблем работать и содержать необходимое число преподавателей, контингент студентов должен быть максимально возможным количественно, от этого зависит фонд зарплаты сотрудников вуза.

Таким образом, институт становится фабрикой специалистов с возникающими при этом нюансами образовательной технологии, количественно стремящейся к минимизации трудовых затрат с обеих сторон и деградации качественного уровня образования, несмотря на усилия сознательных педагогов. Для уравнивания ситуации создаются элитные группы из наиболее способных студентов для подготовки специалистов, ориентированных на теоретическую работу.

Дистанционность изложения учебных предметов и контроль успеваемости предполагает два пути реализации обучения: умноженные затраты времени и изобретательных методических приемов на компенсацию потерь в связи с замещением очной работы заочной, либо явная профанация успеваемости, камуфлированная безупречной отчетной документацией, под которую подстраиваются виды облегченных заданий.

Как ни странно, даже в этой неблагоприятной обстановке вызревают вполне грамотные дипломные проекты (или как их сегодня называют — ВКР).

Видимо, «старая» система еще не сдала окончательно позиции традиционного обучения, но ее дестабилизация вынудила искать пути альтернативного образования, точнее, актуализировать их. Речь о заочном и самостоятельном обучении профессии, в «касательном» режиме связанными с административной системой вуза через получение методических указаний и консультаций, выполнение установленных регламентом заданий, контроль и фиксацию промежуточной работы, сертификацию в виде документов различной валидности. Необходимо только учитывать, что утрата возможностей обмена информацией в коллективе (аудиторные занятия) влечет распад общего ментального пространства [8] и исключает феномен коллективного мышления (мозговой штурм, например) [9]. Это, конечно, значительно усложнит оперативный климат вуза, но при сокращении числа «дневных» студентов, сообразуясь с запросами практики, стабилизация восстанавливается.

В некоторых странах Европы практикуется такой свободный режим обучения, когда студент отчитывается по отдельным дисциплинам вне зависимости от логики их последовательного изучения, реализуя модульное освоение программ.

Вечный студент может не спеша учиться годами, занимая при этом достаточно высокие должности в своей сфере. А в средневековой Европе студент мог коллекционировать свои знания в сертификате, кочуя по разным университетам, что, кстати, поощрялось.

Современные образовательные системы, поглощая опыт традиционных технологий, вырастают до уровня информационно-цифровых обезличенных форм предоставления знаний и, возможно, по мере психологической адаптации к обновленным организационным формам начнется создание новых административных институций, мало похожих на современные вузы [10]. Трудно предположить, какими станут потребности общества, переживающего кризис, и каким станет само общество как раса, способная обновить свои силы продолжить развитие технической цивилизации.

С идеей тоталитарного высшего образования, надо полагать, будет покончено.

К сказанному нужно добавить, что ввод цифровых технологий также способствует разобщению академического коллектива (преподаватели + студенты), падению тонаса интересов студентов к учебе и дезактивации таких существенных явлений в обучении как принцип предшествующей мотивации и фактор осмысленного насилия — все же освоение знаний в определенной степени связано с издержками работы сознания, принуждаемого к обучению извне или по собственной воле.

При активизации методов дистанционного обучения и самообразования потребуется, очевидно, ревизия учебных программ, исключения из них балластных дисциплин (или переноса их изучения в другой режим), с тем чтобы утвердить новые паттерны (матрицы изучаемых дисциплин), программы для разных категорий обучаемых. Возникает, например, вопрос о целесообразности наложения курсов истории архитектуры и истории искусства на архитектурных специальностях.

Перспективы образовательной системы. Опасности преобразований

Какие перспективы и даже опасности ожидают нашу образовательную систему в ближайшем будущем, пока еще допускающим адекватное прогнозирование?

Это, во-первых, радикальная перестройка технологии обучения с «ручных» методов на информационную цифровизацию (или, если угодно, оцифрованную информацию), связанная с ломкой существовавших столетиями традиций обучения личным общением педагога и учеников, то есть с их дегуманизацией. Это неизбежно и к этому придется привыкать. Долго.

Уже сегодня практика показала, что быстрым темпам компьютеризации обучения и проектирования, сулившим, казалось бы, прогресс и экономию, не соответствуют уровни цифровизации технологических производственных процессов, входящих в систему и тормозящих прогресс.

Так что праздновать глобальную победу электроники еще рано.

Притом, любая встряска организованных и стабильно функционирующих систем включает механизм дестабилизации и необходимость долгое время восстанавливать разрушенные внутренние связи.

В итоге — потеря темпов развития, качества, крупные затраты на восстановление или замену.

Дигитализация образовательных процессов, создавая иллюзии ускорения мыслительно-вычислительных операций, анализа вариантов решения, имеет не менее серьезные девиации — побочные дефекты. Погружение студентов в недра электронной технологии демобилизует деятельность мозга, отлучает от необходимости вручную писать, считать, а также связно говорить.

В XX веке последователи швейцарского лингвиста Ф.де Соссюра [11] и французского антрополога и философа К.Леви-Строса выявили, какую роль в мыслительном процессе играет координация работы мозга и моторики пишущей

руки. «Ампутация» этого явления гуманитарной культуры не останется без негативных последствий. Утрачивается связь с историческим опытом, примитивизируется мышление, вульгаризируется лексика, а дальше — героизация преступности, школьники терроризируют учителей ...

Не надо забывать об очень рельефно проявившем себя в последнее время конфликте поколений, тоже в результате дигитальной революции, спровоцированной хлынувшим с запада потоком игрушек-гаджетов, разрушающих сознание молодого поколения. Вряд ли это случайное явление.

Откровенно милитаристское давление на нашу страну дополняется и «невинными» электронными соблазнами: «съешь яблочко, дитя!».

По всей России работают неизвестно как возникшие иностранные культурные центры, миссии, привлекающие талантливых студентов и ученых грантами; их приглашают за границу, активизируют поддержку изучения английского языка; мы охотно принимаем евростандарты образования, изучаем и издаем каталоги строительных норм ЕС. Мы что, готовим кадры зодчих для Запада, мы собираемся строить по европейским нормам?

И одновременно объявляем Россию родиной слонов, а Гиперборею предшественницей египетской цивилизации и греческой античности!

Наивная смесь амбиций и неполноценности. Надо же уважать себя, граждане россияне и не спешить с гуманитарной помощью тем, кто ее не просил и вряд ли будет за нее признателен.

В это же время моральный уровень населения своей страны находится на такой низкой отметке, что патриарх Кирилл от безысходности картины брошенных детей умоляет безответственных родителей сдавать своих младенцев церкви!

Способен ли будет этот народ подняться на защиту Родины, если потребуется?

Ведь это тоже издержки образования и воспитания.

Хорошо, что еще есть грамотные специалисты; от своевременной мобилизации в науку и оборонную промышленность элиты высоких профессионалов зависит выживание, политическая и экономическая независимость страны даже при неблагоприятии внутреннего экономического положения.

Щит есть, а есть ли у нас надежные тылы? Это тоже вопрос уровня образования и гражданского сознания.

Следствием перепроизводства институтами специалистов стал выброс на улицу тысяч людей, пополнивших ряды чиновников, занятых бумажным круговоротом.

Бюрократизация деятельности — это форма подмены решения актуальных задач самозомбированием административной «правильностью» действий, подкрепленных документами, снимающими с чиновников ответственность за провалы и торможение — и это тоже результат извращений в образовании.

Возвращение традиций статус-кво в образовании и встроеного в него опыта гуманистического воспитания уже невозможен. Эволюция не имеет обратного хода.

В этом отрицании традиций смягчать жесткость обновления будут только дежурные формы «ручной» технологии.

Заключение

Может быть, напрасно все наши беды и проблемы мы сфокусировали на одной точке — образовании?

Ведь есть производство, медицина, освоение экстремальных территорий, их защита, забота о нравственном и физическом будущем молодого поколения, наука, строительство — самая эффективная на сегодня сфера народного хозяйства.

В глубине каждой из этих отраслей деятельности лежат проблемы, в глубине этих проблем — дефекты установочного образования, подмена мышления погружением в пучины стерилизующей мозги дигитальной электроники.

В просматриваемом будущем господство информационно-цифровых технологий неизбежно, они постепенно будут оттеснять человека от решения проблем ускоряющегося прогресса технической цивилизации, и человеку придется делить мир с механическими существами, имеющими безошибочно работающий электронный мозг — которые будут созданы и запущены в пространство самим же человеком, получившим хорошее образование.

Опасаться или радоваться такому будущему, не успели решить даже такие неординарные умы как архитектор П.Солери и астрофизик С.Хокинг.

Таковы разноцветные альтернативы будущего образовательных систем.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Лосев А.Ф. История античной эстетики (ранняя классика) / А.Ф.Лосев.—М.: ВИЛ. 1963. — 583 с. Т1-392с.
2. Альберти Л.Б. Десять книг о зодчестве в двух томах.// Л.Б.Альберти.—М.: изд.В.А.А.,1935.
3. Шуази О. История архитектуры. Т.1/ О.Шуази. — Москва: Изд-во В.А.А., 1935. — 575с.
4. Массонство в его прошлом и настоящем / под ред. С.П.Мельгунова Н.П.Сидорова. изд. «Задруги» и К.Ф.Некрасова (репринт издания 1914 г.М., СП «ИКПА», 1991, 255с.)
5. Сарвут Т.О. Принципы формирования среды обитания в Арктическом регионе / Т.О.Сарвут // Вестник МГСУ. — 2018. — Т.13. - №2 (113).
6. Ткачев В.Н. Архитектура всего/ Москва, изд. МИСИ-МГСУ — 2021- 258с.
7. Мельшиор-Бонне С. История зеркала / С.Мельшиор-Бонне—М.: Новое лит.обозрение, 2005.
8. Петренко М.А. Единое информационное пространство образовательного учреждения /М.А.Петренко //— Информационные ресурсы России, 2008, №5.—с. 14-16.
9. Нельке М.Техника креативности / М.Нельке —М.:Омега-Л, 2109.—134 с.

10. Красильникова В.А. Информатизация образования: понятийный аппарат / В.А.Красильников // — Информатизация и образование.—2003 ,№4.— с.21-27.

11. Соссюр Ф. де. Курс общей лингвистики / Ф.де Соссюр— М.: Соцгиз, 1933.—272 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Losev A.F. Istoriija antichnoj ehstetiki (rannaja klassika) [The history of ancient aesthetics (early classics)] / A.F.Losev.- M.: VIL. 1963. - 583 p. Vol. 1-392 p. [in Russian]

2. Alberti L.B. Desjat' knig o zodchestve v dvukh tomakh [Ten books on architecture in two volumes] // L.B.Alberti—M.: VAA, 1935 [in Russian]

3. Choisy A. Istoriija arkhitektury [History of architecture]. Vol.1 / A. Choisy. - Moscow: VAA, 1935. - 575 [in Russian]

4. Massonstvo v ego proshlom i nastojashhem [Massonism in its past and present] / edited by S.P.Melgunov N.P.Sidorov. ed. "Zadrugi" and K.F.Nekrasov (reprint of the 1914 edition, SP "IKPA", 1991, 255p. [in Russian]

5. Sarvut T.O. Principy formirovanija sredy obitanija v Arkticheskom regione [Principles of habitat formation in the Arctic region] / T.O.Sarvut // VESTNIK MGSU. - 2018. - Vol.13. - No. 2 (113) [in Russian]

6. Tkachev V.N. Arkhitektura vsego [Architecture of everything] / Moscow, MISI-MGSU - 2021- 258 p. [in Russian]

7. Melchior-Bonnet S. Istoriija zerkala [The Mirror: A History]/ S.Melchior-Bonnet-M.: Novoe lit.obozrenie, 2005 [in Russian]

8. Petrenko M.A. Edinoe informacionnoe prostranstvo obrazovatel'nogo uchrezhdenija [Unified information space of an educational institution] / M.A.Petrenko // Informacionnye resursy Rossii [Information Resources of Russia], 2008, No. 5.- pp. 14-16 [in Russian]

9. Nelke M. Tekhnika kreativnosti [Technique of creativity] / M.Nelke -M.:Omega-L , 2109.-134 p. [in Russian]

10. Krasilnikova V.A. Informatizacija obrazovanija: ponjatijnyj apparat [Informatization of education: conceptual apparatus] / V.A.Krasilnikov // Informatizacija i obrazovanie [Informatization and education].-2003 , No. 4.- pp.21-27 [in Russian]

11. Saussure F. de. Kurs obshhej lingvistiki [General linguistics course] / F.de Saussure- M.: Sotskgiz, 1933.-272 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.012>**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ
ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД**

Научная статья

Вдовенко А.В.^{1,*}, Вдовенко В.А.², Егоров П.И.³, Трофимов И.Ю.⁴, Эунап Р.А.⁵¹ ORCID: 0000-0002-9543-1369;^{1, 2, 3, 4, 5} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (avdovienko[at]list.ru)

Аннотация

Для Дальнего Востока России актуальной является тема защиты земель поселений от негативного воздействия вод (затопления, подтопления, разрушения берегов водных объектов, заболачивания). При этом особое внимание уделяется разработке современной концепции защиты земель. В статье на примере территории Северо-Эвенского городского округа Магаданской области выполнен анализ возможных методов защиты, оценен ущерб от наводнения и обоснован выбор наиболее эффективного варианта.

Ключевые слова: защита земель, зона затопления, подтопление, поселение, ущерб, эффективность.

**AN ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF MEASURES TO PROTECT FAR EASTERN SETTLEMENTS
FROM WATER-RELATED HAZARDS**

Research article

Vdovenko A.V.^{1,*}, Vdovenko V.A.², Egorov P.I.³, Trofimov I.Yu.⁴, Eunap R.A.⁵¹ ORCID: 0000-0002-9543-1369;^{1, 2, 3, 4, 5} Pacific National University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (avdovienko[at]list.ru)

Abstract

For the Russian Far East, the topic of protecting settlement lands from the water-related hazards (flooding, destruction of the shores of water bodies, waterlogging) is relevant. At the same time, special attention is paid to the development of a modern concept of land protection. On the basis of the North-Even Urban District of Magadan Oblast, the article analyzes possible methods of protection, assesses flood damage and justifies the choice of the most effective option.

Keywords: land protection, flood zone, flooding, settlement, damage, efficiency.

Введение

В настоящее время для Дальнего Востока России актуальными являются вопросы, связанные с защитой земель поселений от негативного воздействием вод. Система управления земельными ресурсами должна обладать определенной стабильностью, но при этом адекватно и своевременно реагировать на происходящие события и последствия, связанные с негативными природными воздействиями, заранее предотвращая их с минимальными потерями, как для населения, так и для хозяйства.

В трудах отечественных ученых большое внимание уделяется решению проблем управления земельными ресурсами, развитию землеустройства, государственного кадастрового учета, кадастровой оценки и мониторинга земель. Данному вопросу посвящены исследования Аксененок Г. А., Афонина А. В., Бакланова П. Я., Ганзея С.С., Воронова Б. А., Махинова А. Н., Мурашевой А. А., Новикова В. Ю., Краснова Н. И., Куштина А. В., Лойко П. Ф., Майбунова И. А., Хлыстуна В. Н., Шаликовского А. В. и других [1], [2], [3], [4]. Вместе с тем многие вопросы управления земельными ресурсами и защиты территорий, подверженных негативному воздействию вод, в настоящее время остаются недостаточно освещенными в научной литературе и требуют более детального изучения.

Целью исследования является совершенствование механизмов управления земельными ресурсами дальневосточных территорий, подверженных негативному воздействию вод и выявление экономически эффективных методов защиты земель.

Предмет исследования – процесс формирования эффективных механизмов государственного управления земельными ресурсами дальневосточных поселений, подверженных негативному воздействию вод.

Методология и методы исследований

Теоретической основой исследования послужили нормативно-правовые акты РФ [5], [6], [7], а также труды отечественных и зарубежных авторов, раскрывающих результаты практических и теоретических исследований проблем, связанных с управлением землями, подверженными негативному воздействию вод, в том числе материалы научно-практических конференций, статьи в научных сборниках, диссертации, монографии.

В процессе работы использовались общенаучные методы исследования, опирающиеся на системный подход, в рамках которого применялся разнообразный инструментарий для определения сущности анализируемых явлений, процессов и закономерностей. В исследовании используются такие методы, как абстрактно-логический, аналитический, географический, картографический.

При анализе и обработке информационно-статистических данных, картографического материала применены современные программные комплексы от Autodesk и Pitney Bowes (AutoCad, MapInfo Professional).

Основные результаты и обсуждение

Проблемы защиты земель от негативного воздействия вод являются актуальными для Магаданской области и рассмотрены нами на примере территории Северо-Эвенского городского округа, характеризующегося густой речной сетью.

Анализ структуры земельных ресурсов Магаданской области показал, что на долю лесного фонда приходится 96,4%, земли населенных пунктов составляют всего 0,2%, общая площадь земель области – 46246,4 тыс. га (рисунок 1) [8]. Обеспеченность области водными ресурсами в целом составляет 301 тыс. м³/год на 1 км². На одного жителя приходится около 757 тыс. м³ речных вод, это примерно в 25 раз больше, чем в целом по России.

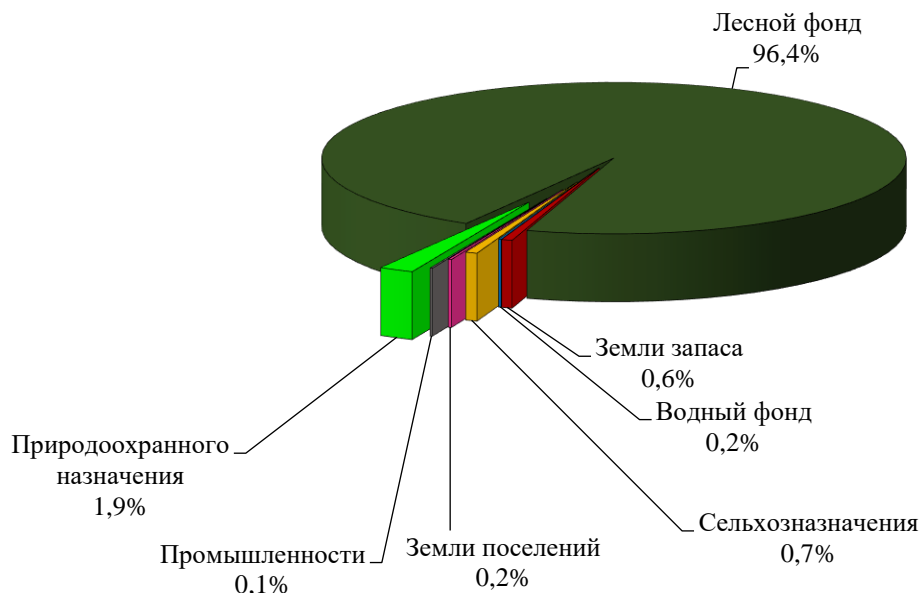


Рис. 1 – Распределение земель Магаданской области по категориям в процентах от общей площади земельного фонда

В рамках обоснования выбора мероприятий по защите земель нами использована «Концепция управления земельными ресурсами территорий, подверженных негативному воздействию вод» (здесь и далее Концепция) [9], с добавлением блоков, позволяющих выбрать наиболее эффективные мероприятия для дальневосточных поселений (рисунок 2).

В исследовании выполнен анализ возможных методов защиты земель Северо-Эвенского городского округа Магаданской области от негативного воздействия вод на примере села Гарманда (затопление рекой Большая Гарманда) с целью выявления наиболее эффективного варианта. Границы зон затопления, подтопления установлены в соответствии с Постановлением Правительства РФ [7]. Итогом выполненных работ является подготовка карты водных рисков территории села Гарманда, обусловленных затоплением рекой Большая Гарманда. Карта отражает негативное воздействие вод от низкого до экстремального высокого уровня для расчетных обеспеченностей (рисунок 3).

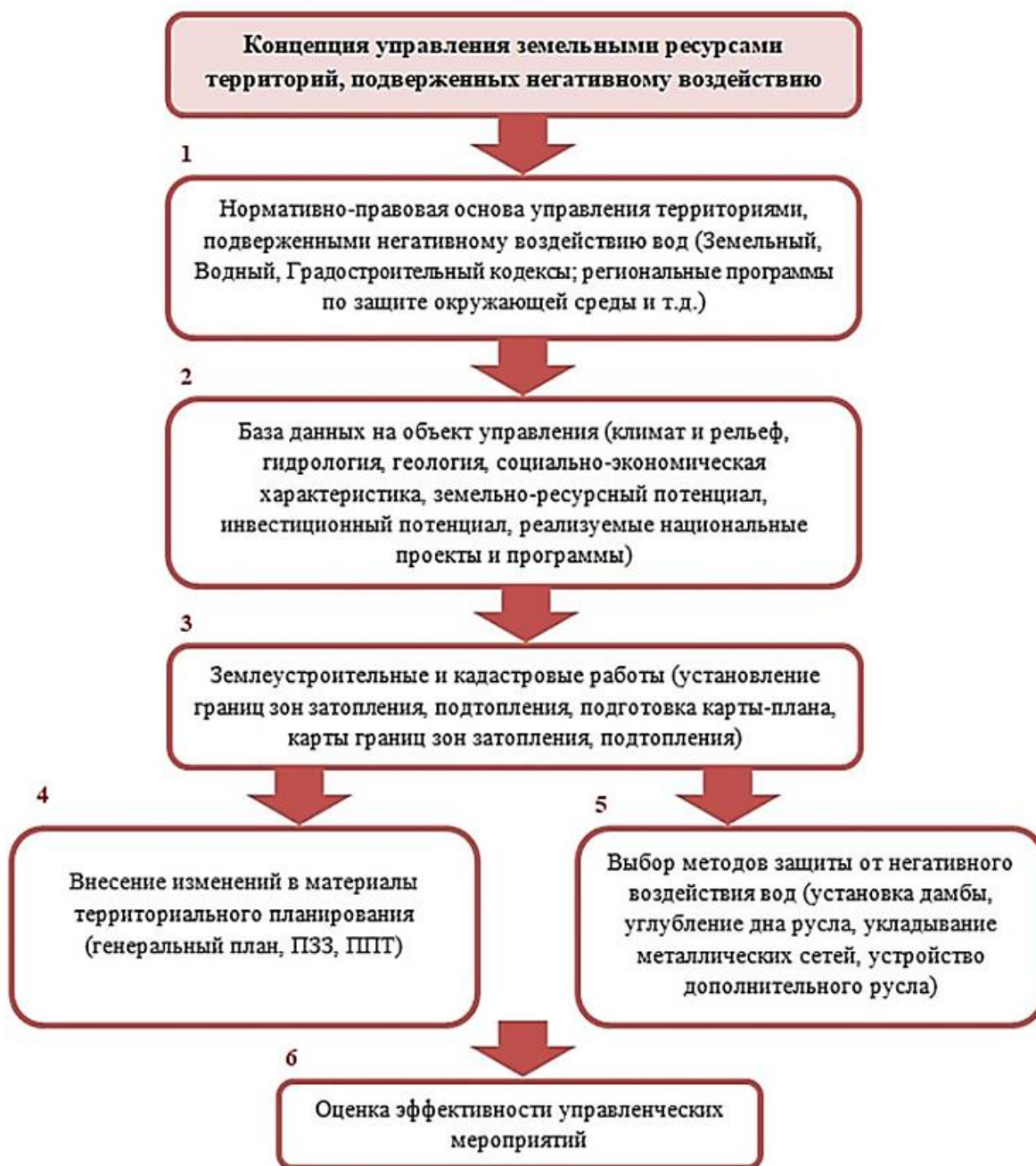


Рис. 2 – Концепция управления земельными ресурсами территорий, подверженных негативному воздействию вод

С учетом продольного профиля реки, морфостроения и карты водных рисков подготовлены схемы границ зон затопления, подтопления при максимальных уровнях расчетных обеспеченностей 1%, 3%, 5%, 10%, 25% и 50%. Граница зоны затопления территории населенного пункта Гарманда муниципального образования «Северо-Эвенский городской округ» рекой Большая Гарманда при максимальном уровне обеспеченностью 1% представлена на рисунке 4.

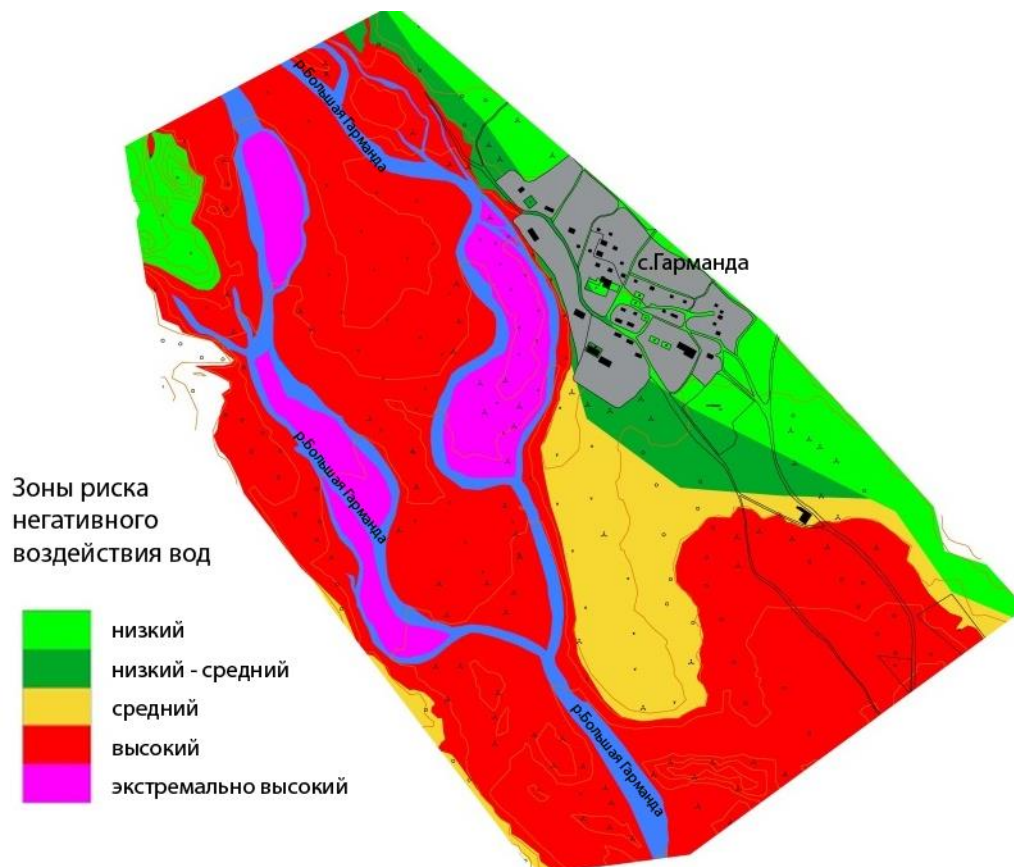


Рис. 3 – Карта водных рисков территории

В данной работе оценена эффективность двух вариантов защиты земель села от затопления. Первый (инженерно-технический) вариант защиты земель от негативного воздействия вод – строительство дамбы протяженностью 1,7 км.

Так как при наложении границы зоны затопления 1% вероятности превышения на карту градостроительного зонирования территории с. Гарманда установлено, что в зону затопления попадает часть зоны жилой застройки, которая в настоящий момент не заселена, нами предложен также второй (адаптационный) вариант. Адаптационный вариант защиты территории предусматривает внесение изменений в Правила землепользования и застройки (здесь и далее ПЗЗ) населенного пункта.

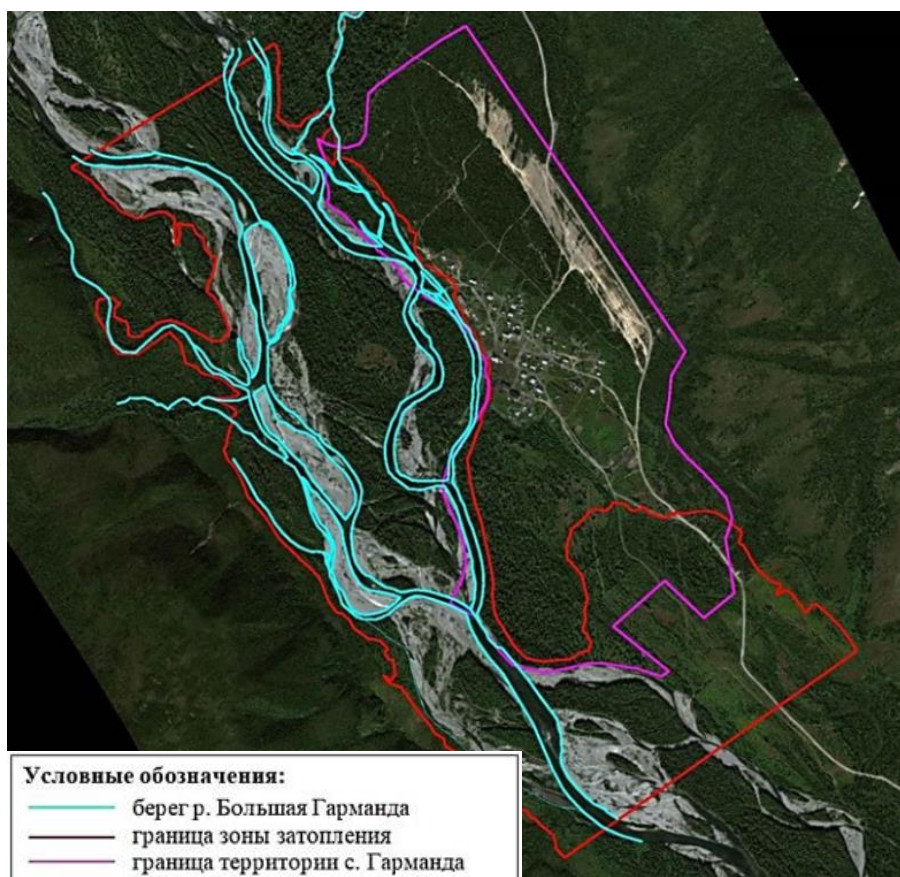


Рис. 4 – Граница зоны затопления с. Гарманда 1% обеспеченности

Установленные границы зоны затопления накладывают ограничения на градостроительные регламенты, изменяя правовой режим использования земельных участков. Площадь и конфигурацию границ части зоны жилой застройки, попадающей в границы зоны затопления р. Большая Гарманда, предлагается уменьшить за счет увеличения зоны рекреационного назначения (проектные предложения по изменению границ территориальных зон представлены на рисунке 5).

По методике [10] определена стоимость ущерба от наводнения обеспеченностью от 1% до 2%, с учетом того, что на затопляемой территории могут располагаться жилые дома и хозяйственные постройки (таблица 1).

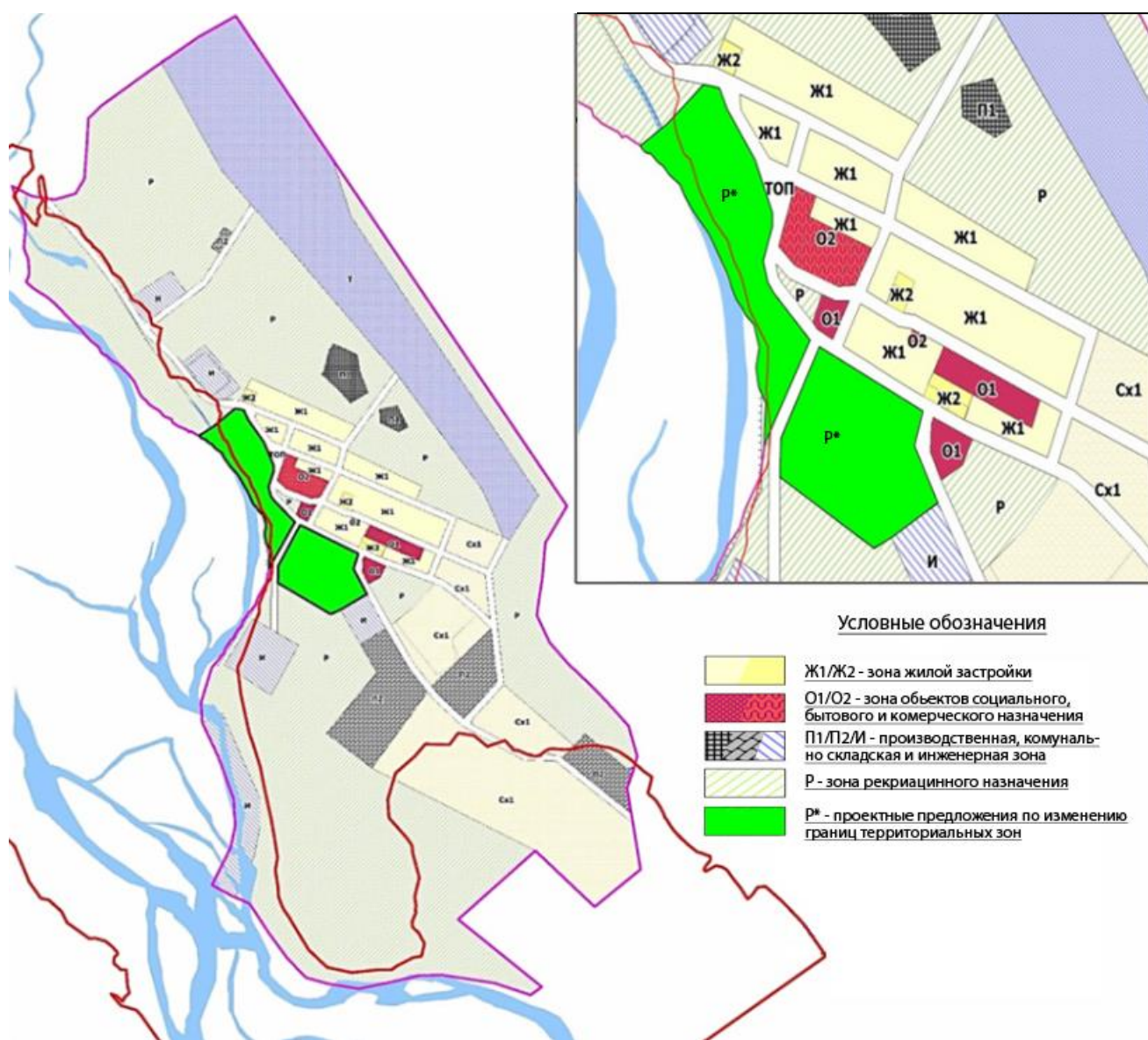


Рис. 5 – Предложения по изменению границ территориальных зон с. Гарманда

Таблица 1 – Расчёт стоимости ущерба от наводнения обеспеченностью от 1% до 2% территории с. Гарманда

Характеристика площади, подверженной негативному воздействию вод	Размер площади, га	Нормативный удельный ущерб на 1 га.	K1	K2	Ущерб, млн. руб. в ценах 2006 г.	Ущерб, млн. руб. в ценах 2021 г.
Жилые дома, хозяйственные постройки, объекты инфраструктуры и промышленности	0,19	45,2	1,85	0,15	0,238	0,350

Сумма прямого ущерба составляет 0,350 млн. руб. в ценах 2021 года. Косвенный и неучтённый ущербы при этом составят: $0,350 \text{ млн. руб.} \times 0,25 = 0,088 \text{ млн. руб.}$ Итого, общий предотвращенный ущерб в ценах 2021 года оценен в 0,438 млн. рублей.

Выводы

В данном исследовании выполнена сравнительная оценка вариантов защиты земель.

1. С учетом проектируемой длины дамбы, нормативный удельный показатель стоимости строительства гидротехнических сооружений и проведения мероприятий по защите территорий и объектов от воздействия водных

объектов равен 7003 тыс. руб. (в ценах по состоянию на 2006 г.), с учетом индекса-дефлятора – 10294 тыс. руб. (по состоянию на 2021 г.). Предельная стоимость реализации проекта – 19,56 млн. руб. [10].

Вложение средств в инженерно-технический вариант защиты с. Гарманда от паводковых вод не является экономически эффективным, так как капиталовложения и издержки значительно больше предотвращаемого ущерба. Кроме того, необходимо учитывать, что в зоне затопления на данный момент отсутствуют жилые дома.

2. В случае внесения изменений в ПЗЗ, капитальные вложения должны учитывать разницу кадастровой стоимости земельных участков исходного и проектируемого видов разрешенного использования в соответствии с методикой, изложенной в [11]. Размер платы за изменение вида разрешенного использования земельного участка рассчитан с учетом разницы в кадастровой стоимости земельных участков для существующего и измененного видов разрешенного использования. Результаты сравнительной оценки мероприятий по защите земель от негативного воздействия вод по рассматриваемым вариантам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная оценка вариантов защиты земель

	Строительство дамбы, млн. руб	Внесение изменений в ПЗЗ, млн. руб
Предотвращенный ущерб (Уп)	0,438	0,438
Эксплуатационные издержки (И)	1,565	0,188
Капитальные вложения (К)	19,56	2,35

Таким образом, в результате сравнения вариантов, сделан вывод о том, что адаптационный вариант защиты с внесением изменений в ПЗЗ является оптимальным для с. Гарманда и, скорее всего, будет таковым для других муниципальных образований Магаданской области, характеризующихся низкой плотностью населения. Следует отметить, что Концепция является гибкой, что позволяет применять ее и для других дальневосточных поселений с учетом поправки на местные условия.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Мурашева А.А. Экономическое обоснование эффективности мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия вод в речных прибрежных территориях (на примере г. Хабаровска) / А.А. Мурашева, А.В. Вдовенко, В.М. Столяров и др. // Московский экономический журнал. – 2017. – № 4. – С. 78-85.
2. Работкина О.Е. Наводнения, ликвидация последствий наводнений / О.Е. Работкина, К.О. Мордовенков // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2014. – № 1 (5). С. 421-425.
3. Шаликовский А.В. Наводнения в Иркутской области 2019 года / А. В. Шаликовский, А. П. Лепихин, А. А. Тиунов и др. // Водное хозяйство России. – 2019. – №6. – С.48-61.
4. Вдовенко В. А. Эффективность мероприятий по защите земель от негативного воздействия вод (на примере населенного пункта Омсукчан Магаданской области / В. А. Вдовенко, А. В. Чащина. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, (Научные чтения памяти профессора М.П. Даниловского). – 2020. – С. 246-250.
5. Земельный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. 30.04.2021) // Совет Федерации РФ. – 2001.
6. Водный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.12.2020) // Совет Федерации РФ. – 2006.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.04.2014 (ред. от 17.05.2016) № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления».
8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Магаданской области в 2020 году – [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/> (дата обращения : 24.01.2021).
9. Stolyarov V. M. Justification of measures to protect against the negative impact of water / V.M. Stolyarov, A.A. Murasheva, A. V. Vdovenko et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.-pp. 1-8
10. Шпагина А. Н. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий / А. Н. Шпагина, А. Н. Питерская, А. В. Федорова. – М.: ФГУП «ВИЭМС», 2006.
11. Постановление Правительства Москвы 31 декабря 2019 г. № 1874-ПП О мерах по реализации инвестиционных проектов по созданию мест приложения труда на территории города Москвы (В редакции постановлений Правительства Москвы от 24.08.2020 № 1348-ПП, от 19.11.2020 № 2019-ПП)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Murasheva A.A. Ekonomicheskoye obosnovaniye effektivnosti meropriyatiy, napravlennykh na predotvrashcheniye negativnogo vozdeystviya vod v rechnykh pribrezhnykh territoriyakh (na primere g. Khabarovska) [Economic substantiation of the effectiveness of measures aimed at preventing the negative impact of water in river coastal areas (for example, the city of Khabarovsk)] / A.A. Murasheva, A.V. Vdovenko, V.M. Stolyarov et al. // Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal [Moscow Economy Journal]. - 2017. No.4. - pp. 78-85. [in Russian]
2. Rabotkina O.E. Navodneniya, likvidatsiya posledstviy navodneniy [Floods, liquidation of the consequences of floods] / O.E. Rabotkina, K.O. Mordovenkov // Sovremennyye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoy oborony i likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy [Modern technologies for ensuring civil defense and liquidation of the consequences of emergency situations]. 2014. No. 1 (5). pp. 421-425. [in Russian]

3. Shalikovsky A. V. Navodneniya v Irkutskoy oblasti 2019 goda [Floods in the Irkutsk region in 2019] / A. V. Shalikovsky, A. P. Lepikhin, A. A. Tiunov et al. // Vodnoye khozyaystvo Rossii [Water industry of Russia]. - No. 6 - 2019. – pp.48 - 61. [in Russian]
4. Vdovenko V. A. Effektivnost' meropriyatiy po zashchite zemel' ot negativnogo vozdeystviya vod (na primere naselennogo punkta Omsukchan Magadanskoy oblast [The effectiveness of measures to protect land from the negative impact of water (on the example of the settlement of Omsukchan, Magadan region] / V. A. Vdovenko, A. V. Chashchina. Khabarovsk: Pacific State University Publishing House, 2020. Scientific readings in memory of Professor M.P.Danilovsky. - pp. 246-250. [in Russian]
5. Zemel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii: feder. zakon ot 25.10.2001 № 136-FZ [Land Code of the Russian Federation: Feder. Law of 25.10.2001 No. 136-FZ (revised on 30.04.2021)] // Sovet Federatsii RF [Federation Council of the Russian Federation]. - 2001. [in Russian]
6. Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii: feder. zakon ot 03.06.2006 № 74-FZ [Water Code of the Russian Federation: Feder. Law of 03.06.2006 No. 74-FZ (as amended on 08.12.2020)] // Sovet Federatsii RF [Federation Council of the Russian Federation]. - 2006. [in Russian]
7. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 18.04.2014 (red. ot 17.05.2016) № 360 «Ob opredelenii granits zon zatopleniya, podtopleniya» [Decree of the Government of the Russian Federation of April 18, 2014 (as amended on May 17, 2016) No. 360 "On the determination of the boundaries of flooded and flooded zones"].[in Russian]
8. Gosudarstvennyy (natsional'nyy) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Magadanskoy oblasti v 2020 godu [State (national) report on the state and use of land in the Magadan region in 2020] - URL: <https://rosreestr.ru/site/> (date of access: 01.24.2021). [in Russian]
9. Stolyarov V. M. Justification of measures to protect against the negative impact of water / V.M. Stolyarov, A.A. Murasheva, A. V. Vdovenko et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.-pp. 1-8
10. Shpagina A. N. Metodika otsenki veroyatnostnogo ushcherba ot vrednogo vozdeystviya vod i otsenki effektivnosti osushchestvleniya preventivnykh vodokhozyaystvennykh meropriyatiy [Methodology for assessing the probabilistic damage from the harmful effects of water and assessing the effectiveness of the implementation of preventive water management measures] / A. N. Shpagina, A. N. Pitserskaya, A. V. Fedorova. - M.: FGUP «VIEMS», 2006. [in Russian]
11. Postanovleniye Pravitel'stva Moskvyy 31 dekabrya 2019 g. № 1874-PP O merakh po realizatsii investitsionnykh proyektov po sozdaniyu mest prilozheniya truda na territorii goroda Moskvyy (V redaktsii postanovleniy Pravitel'stva Moskvyy ot 24.08.2020 № 1348-PP, ot 19.11.2020 № 2019-PP) [Decree of the Moscow Government on December 31, 2019 No. 1874-PP On measures to implement investment projects to create places of employment in the territory of the city of Moscow -PP)]. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.013>

АНАЛИЗ ЗЕМЕЛЬ АГРАРНОГО СЕКТОРА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Научная статья

Ким Л.В.¹, Назарова А.А.^{2,*}

² ORCID: 0000-0002-6354-4457;

^{1, 2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (010851[at]pnu.edu.ru)

Аннотация

В статье рассмотрено использование земель сельскохозяйственного назначения в разрезе муниципальных районов Хабаровского края. Земельные реформы не привели к улучшению использования земель в крае, часть пашни остается неосвоенной, заброшенной, требующей проведения улучшений. Хабаровский край расположен в зоне рискованного земледелия, потери урожая достигают 50%. При этом во всех 17 муниципальных районах края занимают аграрным производством. Рассчитаны показатели использования земельных ресурсов по муниципальным образованиям края, проведено их ранжирование исходя из структурного анализа, степени урбанизации и заселенности. Сделаны выводы о наиболее пригодных для развития аграрного сектора муниципальных районах Хабаровского края.

Ключевые слова: земельные ресурсы, аграрный сектор, отрасль растениеводства, животноводство, пашня, кормовые угодья, ранжирование.

AN ANALYSIS OF THE LANDS OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF Khabarovsk Krai IN THE CONTEXT OF MUNICIPAL FORMATIONS

Research article

Kim L.V.¹, Nazarova A.A.^{2,*}

² ORCID: 0000-0002-6354-4457;

^{1, 2} Pacific National University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (010851[at]pnu.edu.ru)

Abstract

The article examines the use of agricultural land in the context of municipal districts of Khabarovsk Krai. Land reforms have not led to an improvement in the use of land in the province, part of the arable land remains undeveloped, abandoned, requiring improvements. Khabarovsk Krai is located in an area of risk farming, while the crop losses reach 50%. At the same time, all 17 municipal districts of the region are engaged in agricultural production. The authors calculate the indicators of the use of land resources by municipalities of the region, carry out their ranking based on structural analysis, the degree of urbanization, and population. The study concludes on the most suitable municipal districts of the Khabarovsk Krai for the development of its agricultural sector.

Keywords: land resources, agricultural sector, crop production, animal husbandry, arable land, fodder lands, ranking.

Введение

Сельское хозяйство Хабаровского края обладает значительным производственным потенциалом, несмотря на малоэффективный менеджмент, реформы 90-х и многие другие факторы. Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства является альтернативой процесса разрушения аграрной сферы в 1990-е годы, приведшего к кризисному состоянию аграрного сектора, проявления которого в начале 2000-х годов несколько ослабили, но полностью не преодолены.

Проводимые в стране преобразования земельных отношений, отразившись на динамике структуры земельного фонда, не привели к улучшению использования земель, снижению неблагоприятных антропогенных воздействий на почвенный покров, вызывающих или способствующих развитию процессов деградации почв сельскохозяйственных угодий.

В настоящее время актуальной проблемой является повышение эффективности использования земельных ресурсов для стабильного развития сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности и хозяйствования, что тесно связано с уровнем государственной поддержки агропромышленного производства.

Главным условием экономического роста является инновационное развитие сельского хозяйства Хабаровского края, которое развивалось преимущественно экстенсивным путём. Переход на интенсивный путь развития повышает значение качественных факторов экономического роста, среди которых важную роль играют совершенствование технико-технологической базы и организационно-экономических отношений, повышение образовательного и квалификационного уровня рабочей силы [1].

Для повышения эффективности развития аграрного сектора экономики необходимы институциональные преобразования, в первую очередь в сфере земельных отношений. Земельные ресурсы являются не только предметом труда, но и фактором производства в сельском хозяйстве. При этом работа по улучшению почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения в Хабаровском крае практически не ведется.

Хабаровский край расположен в зоне рискованного земледелия вследствие своего географического положения и наличия муссонного климата. Главная его особенность – крайне неравномерное распределение в течение года осадков. Земли сильно переувлажняются, потери урожая достигают 50%, а в отдельные годы он полностью вымокает. Почти ежегодно бывают засушливые периоды, резкие переходы от избытка влаги к ее недостатку, когда верхние слои почвы пересыхают за очень короткий период.

В структуре сельскохозяйственных угодий Хабаровского края площадь пашни составляет 98,6 тыс. га, залежи – 24,5 тыс. га, многолетних насаждений – 16,9 тыс. га, сенокосов – 402,0 тыс. га, пастбищ – 123,6 тыс. га.

В настоящее время аграрное производство в Хабаровском крае сосредоточено на незначительных площадях, с ориентацией на наиболее качественные земельные угодья. В дальнейшем данная тенденция может привести к возникновению обширных экологически неустойчивых территорий.

Производством продукции сельского хозяйства занимаются во всех 17 районах Хабаровского края. В структуре произведенной продукции сельского хозяйства растениеводство занимает около 56%, остальное приходится на продукцию животноводства. В таблице 1 приведено ранжирование районов края исходя из доли сельскохозяйственных угодий в краевом показателе (показатель 1), доли пашни муниципального района в краевом уровне пашни (показатель 2) и кормовых угодий (показатель 3).

По результатам ранжирования можно сделать вывод, что основными сельскохозяйственными районами Хабаровского края являются Хабаровский, Ульчский, Нанайский, им. Лазо, Комсомольский, Вяземский, Бикинский и Амурский (1- 8 места по первому показателю).

При этом районами с ресурсным потенциалом в отрасли растениеводства являются: Хабаровский, имени Лазо, Вяземский, Бикинский, Амурский и Комсомольский районы (1-6 места по второму показателю), а в области животноводства (по наличию кормовых угодий) – Ульчский, Хабаровский, Нанайский, имени Лазо, Комсомольский, Бикинский районы.

Стоит отметить, что Хабаровский, имени Лазо, Бикинский и Комсомольский районы находятся на лидирующих позициях, как по наличию пашни, так и по количеству кормовых угодий в Хабаровском крае, что свидетельствует о высокой заинтересованности и более благоприятных климатических условиях именно в этих муниципальных образованиях. Не стоит забывать о таком важном факторе, как заселенность прилегающих территорий, наличие инфраструктуры и плотность населения, что непосредственно влияет на рынки сбыта продукции. Рассмотрим районы Хабаровского края в разрезе численности населения, его плотности и уровня урбанизации.

Таблица 1 – Ранжирование муниципальных районов Хабаровского края по наличию сельскохозяйственных угодий

Наименование муниципального района	Место района по количеству сельскохозяйственных угодий	Место района по наличию пашни	Место района по наличию кормовых угодий
Амурский район	8	5	9
Аяно-Майский район	13	16	14
Бикинский район	7	4	6
Ванинский район	12	15	13
Верхнебуреинский район	15	7	15
Вяземский район	6	3	8
Комсомольский район	5	6	5
Имени Лазо	4	2	4
Нанайский район	3	8	3
Николаевский район	9	11	7
Охотский район	10	13	11
Имени Полины Осипенко	11	14	10
Советско-Гаванский	17	12	16
Солнечный район	16	9	17
Тугуро-Чумиканский район	14	17	12
Ульчский район	2	10	1
Хабаровский район	1	1	2

Плотность населения Хабаровского края по состоянию на 01.01.2021 года составляет 1,67 чел / км², самым густонаселенным районом края является Хабаровский – 23,3 чел / км², далее следуют Комсомольский район – 10,7; и Бикинский – 8,9 чел / км².

Уровень урбанизации в Хабаровском крае составляет 82,1 %, что является выше среднего показателя по регионам России. При этом в 5 муниципальных районах края полностью отсутствует городское население, т.е. уровень урбанизации равен 0%. В 9 районах края процент урбанизации превышает 70 % и в 4 районах – колеблется от 39,5 до 62,6 %.

Таким образом, можно сделать вывод о большей развитости сельскохозяйственного производства в районах с большей плотностью населения, независимо от уровня урбанизации.

Очень важным показателем эффективности землепользования в агропромышленном производстве является уровень использования пашни. Ведь наличие пашни не обязательно свидетельствует об ее использовании. Наиболее наглядно уровень использования пашни отражает размер посевных площадей.

Площадь посевов в Хабаровском крае в 2020 году составила 80,7 тыс. га, при этом площадь пашни – 98,6 тыс. га, соответственно, уровень распаханности составил 81,8%. В двух районах края имеющаяся пашня используется под посевы на 100 % - в Ванинском и Вяземском, далее следуют район им. Лазо (96,7 %) и Хабаровский (86,6), Бикинский (66,3), Советско-Гаванский (65,4), Ульчский (43,6), Комсомольский (41,1), им. Полины Осипенко (36,9), Николаевский (36,2), Нанайский (31,5), Солнечный (30,6), Тугуро - Чумиканский (30,4), Верхнебуреинский (22), Аяно-Майский (20,5)

и Амурский (18,8%). Можно заметить, что в районах, которые были выделены, как наиболее пригодные к растениеводству, (Хабаровский, Бикинский, Вяземский, Амурский, им. Лазо, Комсомольский) имеется потенциал для расширения площади посевов в размере 15 543 га неиспользуемой пашни.

Производство продукции растениеводства в основном сосредоточено в хозяйствах населения (76,2 %), при этом за период с 2010 по 2020 гг. наблюдается плавная тенденция к снижению. Сельскохозяйственные предприятия увеличили долю в структуре производства продукции растениеводства с 8,7 % в 2010 году до 17,6 % в 2020 году в основном за счет производства сои (3,2 п.п.), овощей (2 п.п.) и картофеля (0,7 п.п.).

В большей мере сократилось производство трудоёмкой продукции и продукции животноводства. Доля сельскохозяйственных предприятий в структуре производства мяса сократилась с 54,8 % в 2010 году до 18,1 % в 2019 году; молока – с 58,7 до 44,3 %. Удельный вес СХП в производстве яиц остается неизменным и колеблется в пределах 94-93 %.

При этом сельскохозяйственные организации остаются основополагающими формами хозяйствования в отрасли животноводства, что экономически верно, так как предприятия имеют более высокую товарность и являются основными поставщиками продукции местного производства перерабатывающим предприятиям и на потребительский рынок сельскохозяйственной продукции.

Не стоит забывать о такой перспективной форме хозяйствования как крестьянско-фермерское хозяйство (КФХ). По данным на 01.01.2020 г. на территории Хабаровского края организовано 533 крестьянско - фермерских хозяйства. В структуре производства продукции растениеводства доля КФХ составляет 6,2 % в 2020 году против 2,9 % в 2010 г., а в структуре производства продукции животноводства их доля увеличилась с 0,9 до 3,8 %. Крестьянские – фермерские хозяйства занимают 23,4 % в структуре производства сои, 21,9 % в структуре производства зерна и 11,5 % в производстве молока. Данный вид хозяйствования является одним из самых гибких и легко адаптируется под требования рынка, экономические изменения.

Для крестьянских – фермерских хозяйств существуют меры поддержки от государства в форме грантов, субсидий, льготных периодов налогообложения и кредитования. Хабаровские фермеры активно ими пользуются в целях наращивания производства, обновления материально-технической базы, поголовья животных и т.д.

Заключение

Индексы производства продукции сельского хозяйства в Хабаровском крае снижаются по отраслям растениеводства, животноводства и сельскому хозяйству в целом. В разрезе муниципальных образований, можно выделить Бикинский, Ванинский, Комсомольский, Хабаровский, Охотский, им. П. Осипенко, Тугуро-Чумиканский и Ульчский районы, где наблюдается рост индекса производства продукции животноводства.

В первом полугодии 2021 года в Хабаровском крае произведено 2,7 тысячи тонн мяса крупного рогатого скота, что покрывает всего 10 % потребности регионального рынка.

Дальнейшее развитие собственного сельскохозяйственного производства в Хабаровском крае позволит существенно снизить зависимость региона от поставок продовольствия, обеспечить экономическую безопасность и пополнить бюджет за счет воспроизводимых ресурсов. Это даст возможность решать как социально-экономические, экологические, так и геостратегические проблемы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Асеева Т. А. Сельское хозяйство Дальнего Востока: условия, проблемы и потенциал развития / Т. А. Асеева, Е. П. Киселев, Г. И. Сухомиров / под ред. Н. Е. Антоновой; Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Ин-т экон. исследований, Дальневосточный НИИ сельского хозяйства. – Хабаровск: «Издательство ТОГУ». – 2020. – 165 с.
2. Асеева Т. А. Современное состояние и перспективы развития отрасли растениеводства в южных территориях Дальнего Востока / Т. А. Асеева, А. А. Назарова // материалы секционных заседаний 55-й студенческой научно-технической конференции ТОГУ. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – С. 265–271.
3. Доклад о состоянии и использовании земель в Хабаровском крае в 2020 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/site/> (дата обращения : 15.01.2022).
4. Ким Л. В. Научное обоснование решения продовольственных проблем в Дальневосточном федеральном округе: учебное пособие / Л. В. Ким // . – Хабаровск. – Издательство ТОГУ ; 2016. – 108 с.
5. Ким Л. В. Проблемы и перспективы отрасли растениеводства в Дальневосточном федеральном округе / Л. В. Ким, А. В. Вдовенко, А. А. Назарова // Дальневосточный аграрный вестник. – Вып.3(51). – Благовещенск – 2019. – С. 19–27.
6. Киселев Е. П. Базовые основы формирования продовольственной безопасности Дальневосточного федерального округа / Е. П. Киселев, А. В. Вдовенко, Л. В. Кими др. // Дальневосточный аграрный вестник. – Вып.1(45) . – Благовещенск – 2018.– С. 110-117.
7. Нормы потребления продуктов питания в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2016/08/26/3128-prikazom-minzdrava-rossii-utverzhdenu-rekomendatsii-po-ratsionalnym-normam-potrebleniya-pischevyh-produktov> (дата обращения : 18.01.2022).
8. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Хабаровскому краю [Электронный ресурс]. – URL: <https://habstat.gks.ru/> (дата обращения : 18.01.2022)
9. Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия от 25 апреля 2014 года № 237. Государственная программа [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/412700517> (дата обращения : 11.01.2022)

10. Сухомиров Г. И. Условия и тенденции развития сельского хозяйства Дальневосточного федерального округа / Г. И. Сухомиров // Пространственная экономика – №1.– Хабаровск – 2011.– С. 81-92.

11. Kim L. V. Agricultural sector of the Khabarovsk territory: status, problems and development prospects / L. V. Kim, A. A. Nazarova, V. A. Vdovenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. P. 12 – 16

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aseeva T. A. Sel'skoe hozjajstvo Dal'nego Vostoka: usloviya, problemy i potencial razvitiya [Agriculture of the Far East: conditions, problems and development potential] / T. A. Aseeva, E. P. Kiselev, G. I. Suhomirov / edited by N. E. Antonovoj; Russia academy of science, Far Eastern department, Econ. Research Inst., Far Eastern SRI of agriculture. – Khabarovsk.: Publishing PNU.– 2020. – 165 p. [in Russian]

2. Aseeva T. A. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya otrasli rastenievodstva v juznyh territorijah Dal'nego Vostoka [The current state and prospects for the development of the crop production industry in the southern territories of the Far East] / T. A. Aseeva, A. A. Nazarova // materialy sekcionnyh zasedanij 55-j studencheskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii TOGU [Materials of the breakout sessions of the 55th Student Scientific and Technical Conference of PNU] – Khabarovsk: Publishing PNU, 2015. – P. 265-271. [in Russian]

3. Doklad o sostojanii i ispol'zovanii zemel' v Khabarov'skom krae v 2020 godu [Report on the state and use of land in the Trans-Baikal Territory in 2020] [Electronic resource]. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/site/> (accessed: 15.01.2022) [in Russian]

4. Kim L. V. Nauchnoe obosnovanie reshenija prodovol'stvennyh problem v Dal'nevostochnom federal'nom okruge: uchebnoe posobie [Scientific justification of the solution of food problems in the Far Eastern Federal District: a textbook] / L. V. Kim // . – Habarovsk. – Publishing PNU; 2016. – 108 p. [in Russian]

5. Kim L. V. Problemy i perspektivy otrasli rastenievodstva v Dal'nevostochnom federal'nom okruge [Problems and prospects of the crop production industry in the Far Eastern Federal District] / L. V. Kim, A. V. Vdovenko, A. A. Nazarova // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik [Far Eastern Agrarian Bulletin]. – Issue. 3(51) . – Blagoveshensk – 2019. – P. 19–27 [in Russian]

6. Kiselev E. P. Bazovye osnovy formirovaniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga [The basic foundations of the formation of food security in the Far Eastern Federal District] / E. P. Kiselev, A. V. Vdovenko, L. V. Kim et al. // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik [Far Eastern Agrarian Bulletin]. – Issue 1(45) . – Blagoveshensk – 2018.– P. 110-117. [in Russian]

7. Normy potreblenii produktov pitaniya v Rossijskoj federacii [Norms of food consumption in the Russian Federation] [Electronic resource]. – URL: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2016/08/26/3128-prikazom-minzdrava-rossii-utverzhdeny-rekomendatsii-po-ratsionalnym-normam-potrebleniya-pischevyh-produktov> (accessed: 18.01.2022) [in Russian]

8. Oficial'nyj sajt Territorial'nogo organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Khabarovskomu kraju [The official website of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Khabarovsk Territory] [Electronic resource]. – URL: <https://habstat.gks.ru/> (accessed: 18.01.2022) [in Russian]

9. Razvitie sel'skogo hozjajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozjajstvennoj produkcii, syr'ja i prodovol'stviya ot 25 aprelja 2014 goda № 237. Gosudarstvennaja programma [Development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food dated April 25, 2014 No. 237. State program [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/412700517> (accessed: 11.01.2022) [in Russian]

10. Suhomirov G. I. Usloviya i tendencii razvitiya sel'skogo hozjajstva Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga [Conditions and trends in the development of agriculture in the Far Eastern Federal District] / G. I. Suhomirov // Prostranstvennaja jekonomika [Spatial Economics] – №1.– Khabarovsk – 2011.– P. 81-92 [in Russian]

11. Kim L. V. Agricultural sector of the Khabarovsk territory: status, problems and development prospects / L. V. Kim, A. A. Nazarova, V. A. Vdovenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. P. 12 – 16

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.014>

УСТАНОВЛЕНИЕ ПУБЛИЧНЫХ СЕРВИТУТОВ ДЛЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СВОБОДНЕНСКОГО РАЙОНА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Липина Л.Н.*

ORCID: 0000-0003-10725-5017,

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (010889[at]pnu.edu.ru)

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос установления публичных сервитутов на землях сельскохозяйственного назначения Свободненского района Амурской области. Комплексные решения должны осуществляться в каждом регионе, в том числе на каждой сельской территории, так как сельская местность продолжает играть значительную роль в жизни общества. В настоящее время внесены изменения в Свободненском районе в расчёт кадастровой стоимости земельных участков, и она становится ближе к рыночной стоимости, что негативным образом отразилось на гражданах, ведущих личное подсобное хозяйство. Для решения этой проблемы, в части снижения арендной платы для выпаса сельскохозяйственных животных, сенокошения необходимо установление публичных сервитутов, которые предусмотрены Земельным кодексом Российской Федерации.

Ключевые слова: Свободненский район, земельный фонд, кадастровая стоимость, арендная плата, публичный сервитут.

ESTABLISHMENT OF PUBLIC EASEMENTS FOR AGRICULTURAL LANDS OF THE SVOBODNENSKY DISTRICT IN AMUR OBLAST

Research article

Lipina L.N.*

ORCID: 0000-0003-10725-5017,

Pacific National University, Khabarovsk, Russia;

* Corresponding author (010889[at]pnu.edu.ru)

Abstract

The article discusses the issue of establishing public easements on agricultural lands of the Svobodnensky district in Amur Oblast. Comprehensive solutions should be implemented in every region, including every rural area, as the countryside continues to play a significant role in the life of society. As of today, changes have been made in the Svobodnensky district in the calculation of the cadastral value of land plots, which is now closer to the market value, which, in turn, has had a negative impact on citizens who run a personal subsidiary farm. To solve this problem, in terms of reducing rents for grazing farm animals, haymaking, it is necessary to establish public easements, which are provided for by the Land Code of the Russian Federation.

Keywords: Svobodnensky district, land fund, cadastral value, rent, public easement.

Введение

Для устойчивого развития Дальнего Востока, а в частности районов, ключевым видом экономической деятельности которых является сельское хозяйство, необходимо решение сбалансированных социально-экономических задач. Комплексные решения должны осуществляться в каждом регионе, в том числе на каждой сельской территории, так как сельская местность продолжает играть значительную роль в жизни общества.

Одним из ключевых видов экономической деятельности в Свободненском районе Амурской области является сельское хозяйство. За годы аграрной реформы в районе сложилась многоукладная экономика. В сельском хозяйстве района сформировались три основных категории сельскохозяйственных товаропроизводителей: сельскохозяйственные предприятия; крестьянские (фермерские) хозяйства; личные подсобные хозяйства.

Основная часть

Управление земельными ресурсами со стороны государства осуществляется исполнительными органами государственной власти на уровне Российской Федерации и ее субъектов, законодательными органами в сфере нормотворчества, а также органами местного самоуправления. Проблема управления земельными ресурсами в Российской Федерации, с учетом проводимых социально-экономических реформ, является в настоящее время актуальной и острой. Данным направлениям посвящено много работ и исследований [1], [2], [3]. Однако проблема управления земельными ресурсами в целом освещена довольно слабо, несмотря на актуальность и значимость данного направления государственного и муниципального управления.

Объект исследования – Свободненский район Амурской области располагается на юго-западе Амурско-Зейской равнины. С северо-запада район граничит с Шимановским районом, с северо-востока находится Мазановский район, с южной стороны Благовещенский район области, с западной стороны проходит государственная граница с Китайской Народной Республикой.

Анализируя земельный фонд Свободненского района Амурской области, (площадь всех категорий земель составляет 731865 га на 01.01.2020г.), к землям сельскохозяйственного назначения относятся – 338997 га, около 46% от всей занимаемой площади. Однако только 134358 га являются сельхозугодиями (в том числе пашни – 58694 га, залежь – 50206 га, сенокосы – 10249 га, пастбища – 15016 га, многолетние насаждения – 93 га.), остальные же сельскохозяйственные земли относятся к неиспользуемым сельскохозяйственным землям [4], [5]. В то же время численность личных подсобных хозяйств (ЛПХ) растёт, увеличивается поголовье крупного рогатого скота, свиней,

кроликов и др. (табл. 1), а значит, будет увеличиваться потребность в использовании сельскохозяйственных земель по назначению. Основные направления сельскохозяйственного производства района – растениеводство и животноводство, главными отраслями которого является молочное скотоводство, свиноводство.

Таблица 1 – Поголовье скота в Свободненском районе [6]

Сельсовет	Всего КРС		В т.ч. коров		Свиньи		Птицы		Кролики		Всего голов	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Дмитриевский	15	12	7	4	14	32	274	274	20	20	437	439
Желтоярский	356	332	182	159	229	105	615	685	38	34	498	498
Загорненский	61	57	30	28	23	19	129	68	9	7	205	202
Климоуцевский	601	551	264	244	34	32	515	368	42	35	461	453
Костюковский	355	361	141	150	72	60	493	366	3	27	323	323
Курганский	33	27	18	16	21	-	520	475	-	-	198	196
Малосазанский	21	10	48	10	5	-	133	150	4	-	572	572
Москвитинский	27	26	96	10	13	48	530	570	75	35	240	240
Нижебузулинский	104	93	89	54	36	39	811	783	58	43	318	318
Новгородский	145	183	126	71	85	66	1024	1010	277	263	487	474
Новоивановский	148	144	97	74	87	98	393	406	27	63	276	276
Петропавловский	63	58	92	30	7	5	303	295	-	-	79	66
Семёновский	105	86	82	47	8	5	203	242	10	11	244	250
Сычевский	226	201	89	130	541	284	769	557	17	15	245	243
Черновский	88	77	88	41	74	60	560	564	44	44	487	487

Примечание: составлено по [6]

В настоящее время внесены изменения в расчёт кадастровой стоимости, и она становится ближе к рыночной стоимости, но эти изменения негативным образом отразились в основном для граждан, ведущих ЛПХ.

Расчет годовой арендной платы за использование земельного участка начисляется по формуле:

$$A = K_c \cdot K_{нс} \cdot K_i,$$

где A - размер годовой арендной платы, подлежащий уплате в бюджет, в рублях;

K_с - кадастровая стоимость земельного участка. Значение кадастровой стоимости земельного участка определяется на основании сведений Единого государственного реестра недвижимости;

K_{нс} - налоговая ставка земельного налога, установленная нормативными правовыми актами представительного органа муниципального образования (в Свободненском районе эта ставка равна 0,3%);

K_и - поправочный коэффициент, определяемый по целевому использованию земельного участка (6,0 - земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения, предназначенные для производства сельскохозяйственной продукции; 1,25 - земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения, предназначенные для сенокошения и выпаса сельскохозяйственных животных гражданами, в случае если площадь земельного участка или земельных участков, предоставленных гражданину для этих целей, не превышает 2,5 гектара в пределах границ одного муниципального района или муниципального округа) [7].

Земельные участки, используемые гражданами района для сенокошения и выпаса скота недостаточно, поэтому приходится использовать земельные участки большей площадью, чем 2,5 га. Однако для таких участков уже используется поправочный коэффициент (K_и) равен 6,0, что увеличивает арендную плату за земельный участок в несколько раз больше по сравнению с ценой прежнего расчета арендной платы. Из этого следует, что платить за арендованный участок гражданам, использующие земельные участки для выпаса сельскохозяйственных животных приходится так же, как и производителям сельскохозяйственных культур. Это не способствует улучшению жизни на сельских территориях, а производство молока на подворьях стало не рентабельным.

Для решения этой проблемы, в части снижения арендной платы для выпаса сельскохозяйственных животных, сенокошения необходимо установление публичных сервитутов, которые предусмотрены Земельным кодексом Российской Федерации [8], [9].

Под публичным сервитутом понимают ограниченное использование земельного участка, находящегося в частной или муниципальной собственности, в интересах муниципальной, административной власти и органов местного самоуправления.

Публичный сервитут на земельный участок устанавливается в случаях если:

- необходим проезд или проход через участок;
- необходимо осуществить установку или ремонт электрических или транспортных коммунальных сетей;
- необходимо осуществить водоотвод или установить дренажное оборудование на определенном участке;
- необходим забор воды для водопоя скота;
- необходим выпас скота и заготовка сена на зиму;
- необходима организация охоты на запрещенные виды животных и рыболовства;
- необходимо проведение геологических раскопок и исследование состояния почвы;
- необходим перевоз объектов через территорию.

Необходимым условием для установления публичного земельного сервитута является проведение общественных слушаний, путём голосования. Публичный сервитут будет установлен, если будет принято положительное решение на публичных слушаниях. Факт оформления сервитута на земельный участок может фиксироваться следующими документами:

- а) актами Российской Федерации;
- б) актами органов местного самоуправления;
- в) нормативно-правовыми актами субъектов (муниципалитетов) РФ.

В связи с этим в Свободненском районе было принято Решение об установлении публичных сервитутов с прилагаемыми к нему описанием местоположения границ публичного сервитута для сенокошения и выпаса сельскохозяйственных животных. Для этих целей необходимо подготовить межевой план, с последующей постановкой его на кадастровый учёт.

Пример расположения земельного участка с кадастровым номером 28:21:000000:2167 на Публичной кадастровой карте (рис. 1). Категория земель – земли сельскохозяйственного назначения, вид разрешенного использования – сенокошение.

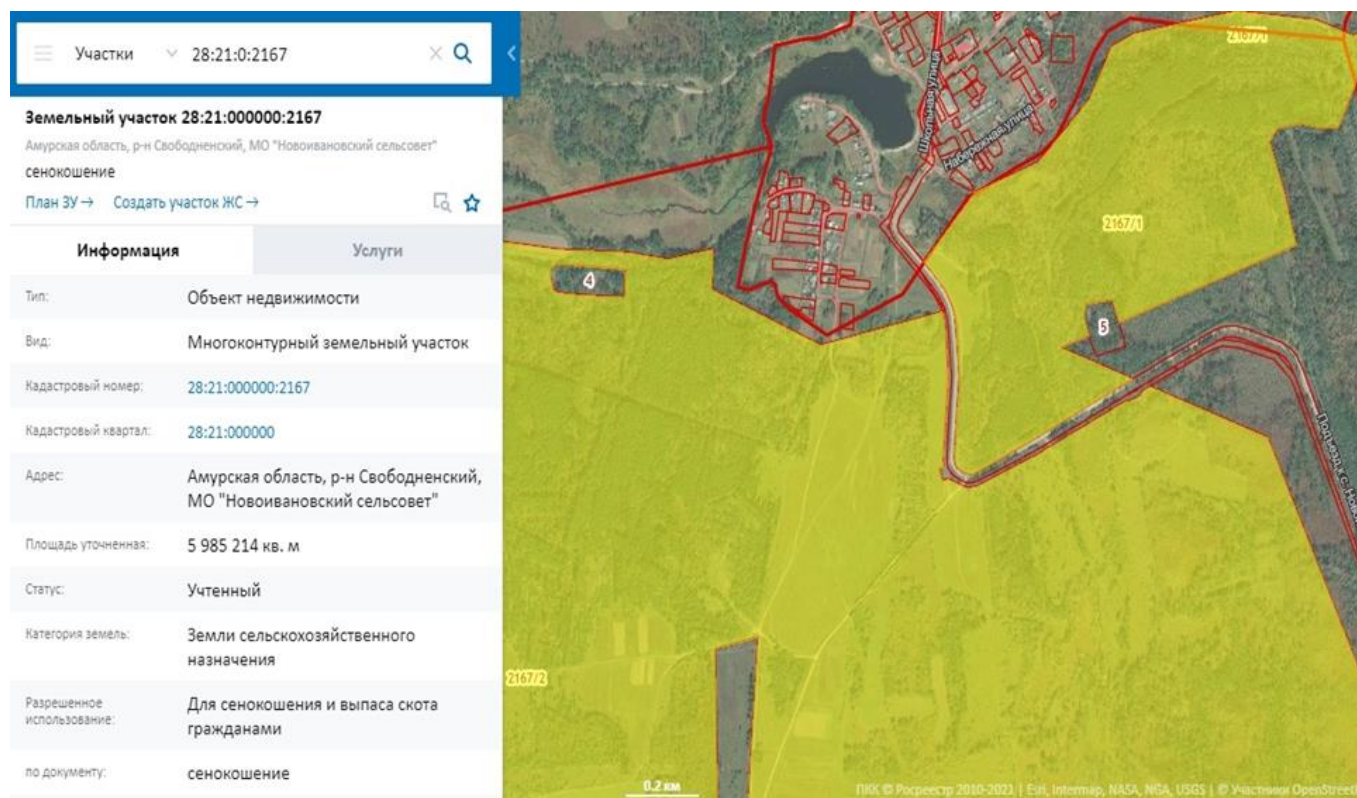


Рис. 1 – Расположение земельного участка с кадастровым номером 28:21:000000:2167 на Публичной кадастровой карте [10]

После сбора всех документов, образование XML-документа и подачи данного XML-документа в кадастровую палату, данному публичному сервитуту присваивается номер зоны с особыми условиями использования территории ЗОУИТ (рис.2).

ЗОУИТ 28:21-6.77

Публичный сервитут для сенокошения, выпаса сельскохозяйственных животных жителями муниципального образования Новоивановский сельсове...

Прочие зоны с особыми условиями использования территории

вид: зона публичного сервитута
Прочие зоны с особыми условиями использования территории

Реестровый номер: 28:21-6.77

Учетный номер: 28.21.2.100

Кадастровый район: 28:21

Наименование: Публичный сервитут для сенокошения, выпаса сельскохозяйственных животных жителями муниципального образования Новоивановский сельсовет Свободненского района Амурской области

Ограничение: Публичный сервитут установлен в интересах жителей муниципального образования Новоивановского сельсовета Свободненского района

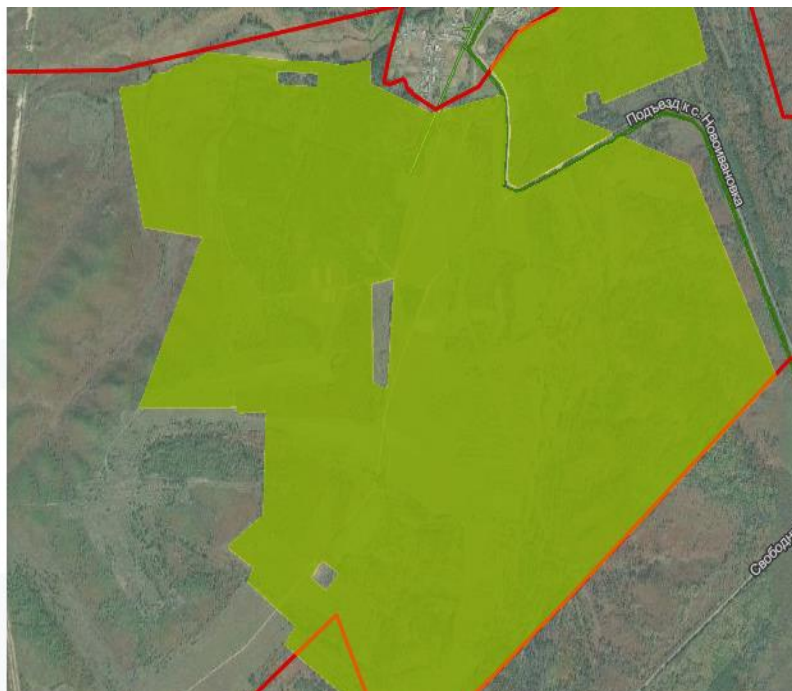


Рис. 2 – Расположение ЗОУИТ на Публичной кадастровой карте

Площадь установленных публичных сервитутов на территории Свободненского района составляет 38056449 кв. м., что является 1,12% от общего числа земель сельскохозяйственного использования Свободненского района.

Вывод

Управление земельными ресурсами является важным инструментом государственной политики, направленной на повышение эффективности землепользования на территории Свободненского района Амурской области. Используя основные принципы земельного законодательства Российской Федерации удалось показать, эффективное управление земельными ресурсами Администрацией Свободненского района. Применяя свои права на установление публичных сервитутов, в частности для граждан, занимающихся личным подсобным хозяйством дан шанс на экономические преференции. Установление публичных сервитутов в районе приведёт к тому, что земли необходимые для выпаса сельскохозяйственных животных и заготовки сенажа будут предоставлены гражданам бесплатно. Данное предложение поможет личным подсобным хозяйствам производству рентабельной продукции, а в дальнейшем всему аграрному сектору района.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Варламов А. А. Теория и методы управления земельными ресурсами в условиях многообразия форм собственности на землю: Монография / под науч. ред. А.А. Варламова – М.: ГУЗ, 2006. – 343с.
2. Боголюбов С.А. Землеустройство в системе мероприятий по охране земель и других природных ресурсов / С.А. Боголюбов // Аграрное и земельное право. – 2020. – № 1 (181). – С. 26-29.
3. Лойко П.Ф. Факториальные и результативные показатели экономической эффективности устойчивого сельскохозяйственного землепользования / П.Ф. Лойко, С.А. Гальченко, А.А. Рассказова и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 3. – С. 48-49.
4. Печко, В. Н. Анализ земель Свободненского района Амурской области / В. Н. Печко, Л.Н. Липина // Сборник статей II Национальной научно- практической конференции. Екатеринбург – 2020. – С.506-511.
5. Официальный портал Министерства природных ресурсов Амурской области. Охрана окружающей среды. [Электронный ресурс]. URL: <https://mpr.amurobl.ru>. – (дата обращения 04.05.2021).
6. Официальный портал Администрации Свободненского района: офиц. сайт - [Электронный ресурс]. URL: <https://svobregion.amurobl.ru/> (дата обращения: 24.12.2021).
7. Об утверждении порядка определения размера арендной платы за земельные участки, находящиеся в государственной собственности Амурской области, и земельные участки, государственная собственность на которые не разграничена, предоставляемые в аренду без торгов: постановление Правительства Амурской области от 25.01.2021 № 32 – [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 25.12.2021).
8. Земельный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 10.01.2021). – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2021).
9. О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации: федер. закон от 25.10.2001 № 137-ФЗ (ред. от 31.07.2020). – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 26.12.2021).
10. Публичная кадастровая карта : офиц. сайт. – [Электронный ресурс]. URL : <https://pk5.rosreestr.ru>. (дата обращения: 25.12.2021).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Varlamov A. A. Teorija i metody upravlenija zemel'nymi resursami v uslovijah mnogoobrazija form sobstvennosti na zemlju [Theory and methods of management of land resources in a variety of forms of land ownership]: Monografiya / edited by A. A. Varlamov, M.: GUZ, 2006. – 343 p. [in Russian]
2. Bogolyubov S. A. Zemleustrojstvo v sisteme meroprijatij po ohrane zemel' i drugih prirodnyh resursov [Land management in the system of measures for the protection of land and other natural resources] / S. A. Bogolyubov // Agrarnoe i zemel'noe pravo [Agrarian and land law]. – 2020. – № 1 (181). – Pp. 26-29. [in Russian]
3. Loiko P. F. Faktorial'nye i rezul'tativnye pokazateli jekonomicheskoy jeffektivnosti ustojchivogo sel'skhozjajstvennogo zemlepol'zovanija [Factorial and effective indicators of economic efficiency of sustainable agricultural land use] / F. P. Loiko, S. A. Galchenko, A. A. Rasskazov et al. // Mezhdunarodnyj sel'skhozjajstvennyj zhurnal [International agricultural journal]. – 2019. – No. 3. – P. 48-49. [in Russian]
4. Stove, V. N. Analiz zemel' Svobodnenskogo rajona Amurskoj oblasti [Analysis of land Svobodnensky district of the Amur region] / V. N. Stove, L. N. Lipina // Sbornik statej II Nacional'noj nauchno- prakticheskoy konferencii [Collection of articles of the II National scientific and practical conference]. Yekaterinburg - 2020. - p.506-511. [in Russian]
5. Oficial'nyj portal Ministerstva prirodnyh resursov Amurskoj oblasti. Ohrana okruzhajushhej sredy [Official portal of the Ministry of Natural Resources of the Amur region. Environmental protection]. [Electronic resource]. URL: <https://mpr.amurobl.ru> . - (accessed 04.05.2021). [in Russian]
6. Oficial'nyj portal Administracii Svobodnenskogo rajona [The official portal of the Administration of the Svobodnensky district]: ofic. website - [Electronic resource]. URL: <https://svobregion.amurobl.ru> / (accessed: 12/24/2021). [in Russian]
7. Ob utverzhdenii porjadka opredelenija razmera arendnoj platy za zemel'nye uchastki, nahodjashiesja v gosudarstvennoj sobstvennosti Amurskoj oblasti, i zemel'nye uchastki, gosudarstvennaja sobstvennost' na kotorye ne razgranichena, predostavljaemye v arendu bez tovgov: postanovlenie Pravitel'stva Amurskoj oblasti ot 25.01.2021 № 32 [On approval of the procedure for determining the amount of rent for land plots owned by the state of the Amur Region, and land plots for which state ownership is not delimited, leased without bidding: Resolution of the Government of the Amur Region dated 25.01.2021 No. 32] - [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru> (accessed: 12/25/2021). [in Russian]
8. Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii: feder. zakon ot 25.10.2001 № 136-FZ [Land Code of the Russian Federation: feder. the law of 25.10.2001 No. 136-FZ (ed. of 10.01.2021)]. – [Electronic resource]. URL: <http://www.consultant.ru> (accessed: 12/25/2021). [in Russian]
9. O vvedenii v dejstvie Zemel'nogo kodeksa Rossijskoj Federacii [On the introduction of the Land Code of the Russian Federation]: feder. the law of 25.10.2001 No. 137-FZ (ed. of 31.07.2020)– - [Electronic resource]. URL: <http://www.consultant.ru> (date of application: 12/26/2021). [in Russian]
10. Publichnaja kadaastrovaja karta [Public cadastral map] : ofic. website. – [Electronic resource]. URL : <https://pkk5.rosreestr.ru> . (accessed: 12/25/2021). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.015>**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТАЯНИЯ ЛЬДОВ МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА**

Научная статья

Пещеров Ю.Г.*

Аэродром «Кубинка», Одинцово, Россия

* Корреспондирующий автор (stalker11071994[at]mail.ru)

Аннотация

Цель статьи – провести метеорологическое изучение процессов таяния льдов с использованием методов спутникового мониторинга. Задачи статьи состоят в анализе методов оценки состояния ледниковых поверхностей, рассмотрении способа спутникового зондирования состояния ледников и дистанционной оценки ледников. Для мониторинга изменений ледниковых поверхностей предлагается с помощью космических снимков отслеживать границы распространения ледникового покрова на обширных территориях. Для решения поставленной задачи применялся специальный объектно-ориентированный графический редактор алгоритмов Model Maker. С его помощью была создана модель, которая производит расчет нормализованного дифференциального ледяного индекса (NDSI). Практический аспект применения результатов исследования статьи заключается в возможности использования исследуемого метода оценки изменений ледниковых поверхностей с помощью космических снимков в различных исследованиях ледниковых покровов территории России.

Ключевые слова: метеорологическое изучение, статистический анализ, таяние льдов, методы спутникового мониторинга.

A METEOROLOGICAL STUDY OF ICE MELT VIA SATELLITE MONITORING METHODS

Research article

Peshcherov Yu.G.*

Kubinka airfield, Odintsovo, Russia

* Corresponding author (stalker11071994[at]mail.ru)

Abstract

The purpose of the article is to conduct a meteorological study of ice melting processes using satellite monitoring methods. The objectives of the article are to analyze methods for assessing the state of glacial surfaces, to examine the method of satellite sounding of the state of glaciers and remote assessment of glaciers. To monitor changes in glacial surfaces, the author proposes to use satellite images to track the boundaries of the spread of the ice cover over vast territories. To solve this problem, the study used a special object-oriented graphical algorithm editor Model Maker, with the help of which a model that calculates the normalized differential ice index (NDSI) was created. The practical aspect of the application of the results of the research of the research is the possibility of using this method of assessing changes in glacial surfaces using satellite images in various studies of the glacial covers of the territory of Russia.

Keywords: meteorological study, statistical analysis, ice melting, satellite monitoring methods.

Введение

Ледники играют значительную роль в географической оболочке Земли. Они существенно влияют на рельеф, климатические и погодные условия [1]. Важнейшее значение льда для климата планеты связано с его высокой отражательной способностью [2]. Благодаря этому происходит существенное охлаждение поверхности на огромных территориях. То есть ледники – не только бесценные фонды пресной воды, но и источники охлаждения Земли. Кроме благотворного влияния, ледники могут вызвать нежелательные процессы, явления и чрезвычайные ситуации [3]. Наблюдение за динамикой изменений ледников позволит выявить и предсказать будущие климатические, гляциологические и биологические изменения, происходящие на планете [4].

Опишем связь исследования с важными научными и практическими задачами. Процессы, происходящие в атмосфере, криосфере и гидросфере, связанные с процессами в других частях планеты и влияют на глобальный климат [5]. После анализа материалов последних метеорологических и гляциологических наблюдений в разных местах земного шара, можно утверждать, что наблюдение за ледниками является лишь частью массовых исследований, которые способствуют установлению тенденции глобальных климатических изменений на всей планете [6]. Нерешенными частями общей проблемы состоят в том, что наблюдения за состоянием ледников за счет использования традиционных гляциологических и геодезических методов, а также дистанционных методов зондирования не дают возможность отслеживать процессы и динамику таяния льдов [7]. Однако до сих пор окончательно не разработана технологическая схема, которая существенно повысила бы скорость выполнения измерений и точность получения количественных параметров объектов исследования, в частности изменения поверхностей ледников.

Цель статьи – провести метеорологическое изучение процессов таяния льдов с использованием методов спутникового мониторинга.

Методы исследования

Методы исследования статьи включают теоретический анализ проблем изучения различной методической и научной литературы по тематике таяния льдов, метод исследования спутниковых снимков, а также статистический анализ полученных данных.

Основные результаты

Согласно Международного опыта анализа таяния льдов Земля потеряла 28 триллионов тонн льда с 1994 по 2017 год – этого хватило бы, чтобы покрыть всю территорию Великобритании слоем льда толщиной в 100 метров. Соответствующее исследование опубликовали в журнале Европейского союза геологических наук The Cryosphere, передает SciTechDaily [2]. Группа ученых из Университетов Лидса, Эдинбурга, Лондона и группы анализа данных Earthwave изучала таяние ледников с помощью спутниковых данных. Они обнаружили, что за последние три десятилетия в среднем Земля теряет 1,2 триллиона льда ежегодно. Кроме того, за это время скорость таяния льда выросла на 65%: если в начале 90-х таяло 0,8 триллиона тонн в год, то уже в 2010-х – 1,3 триллиона. Ученые изучали таяния 215 тысяч горных ледников, ледяных покровов в Гренландии и Антарктиде, шельфовых ледников и морского льда, который дрейфует в Северном Ледовитом и Южном океанах. По словам исследователей, именно таяние покровов в Антарктиде и Гренландии приводит к увеличению общих темпов таяния льда. Большая часть льда (68%) таяла из-за потепления атмосферы, которая в среднем за десятилетие нагревалась на 0,26 °C, а также из-за нагрева океанов (32%) на 0,12 °C. Из-за повышения температуры атмосферы в основном таял арктический морской лед и горные ледники, а из-за нагрева океанов – ледяной покров в Антарктиде. Влияние ледников выходит за пределы районов их распространения. Современное материковое оледенение прямо и косвенно сказывается на природе географической оболочки Земли. Это выражается в соотношении суши и моря, зависит от изменений объема льда. Оледенение влияет на климат планеты, охлаждая ее, снижает средние температуры воздуха южного полушария и планеты в целом, усиливает термическую зональность на Земле. Изменение массы ледников существенно влияет на гравитационное поле, скорость вращения Земли, продолжительность дня [6]. Для выявления и предсказания, будущих климатических, гляциологических и биологических изменений, происходящих на Земле, необходимо исследовать динамику изменения количественных параметров ледников. Для решения таких задач обычно применяют гляциологические, геодезические методы и методы дистанционного зондирования. На основании актуальных научных исследований [8], [9], [12], [13] был проведен обобщающий критический анализ методов и способов исследования ледников, на основании которого была разработана блок-схема методов и способов исследования ледников – рис. 1.

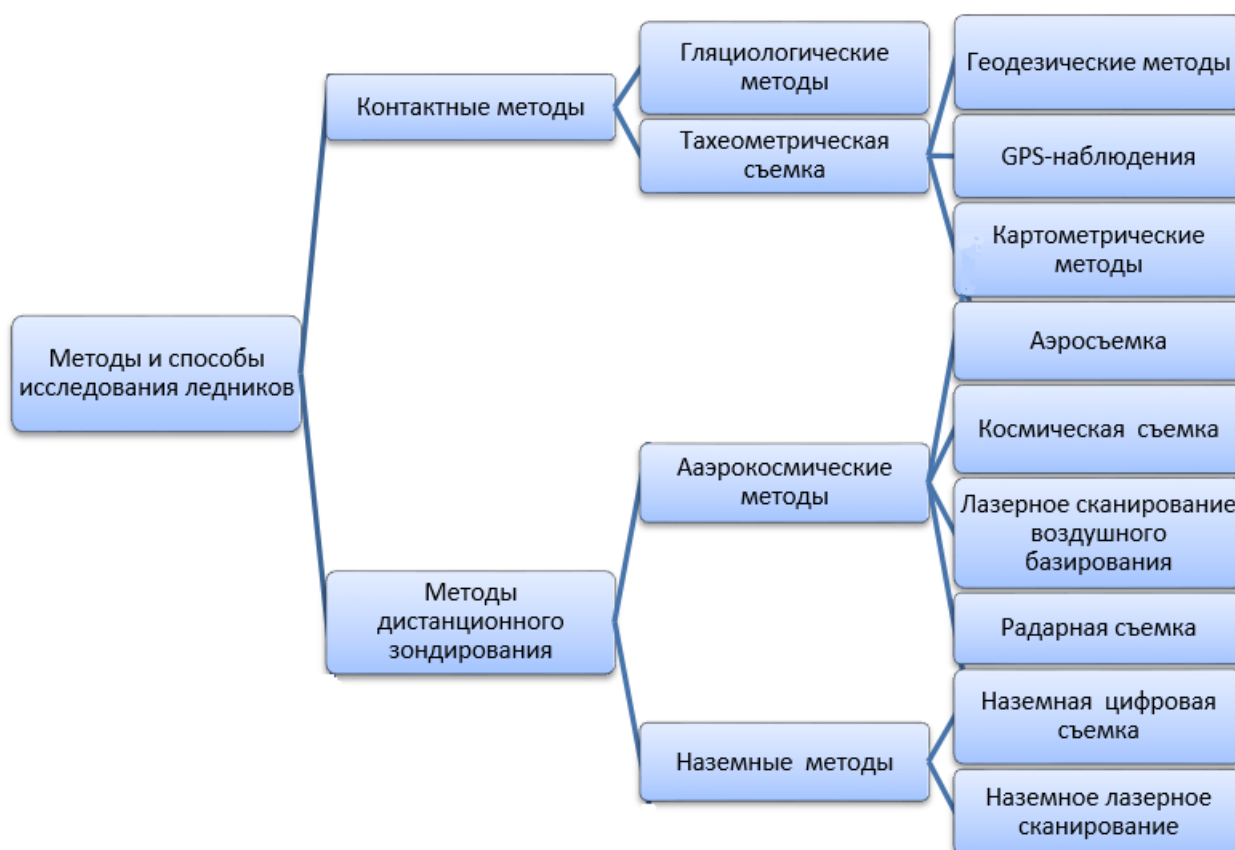


Рис. 1 – Блок-схема методов и способов исследования ледников

Подводя итоги, необходимо отметить, что контактные методы исследования являются недостаточно технологическими, а с точки зрения охраны труда в большинстве видов работ опасными. Методы дистанционного зондирования, такие как воздушное лазерное сканирование, космическое и радарное съемки, целесообразнее применять для определения долгосрочных изменений больших по площади территорий. В то же время аэрофотосъемки (АФС) и наземная цифровая съемка полностью удовлетворяют технико-технологическим требованиям и исключают опасность при выполнении работ. Но использование АФС в районе Антарктиды является технологической проблемой, его себестоимость очень высока. Альтернативой аэрофотосъемке является использование беспилотные летающие аппараты (БПЛА), однако все еще не разработаны технологические схемы их применения в полярных регионах. БПЛА исключает негативные черты этих методов и дает возможность определить параметры ледников, к которым, прежде всего можно отнести формы и размеры, а также изменение объемов, составляющих их масс льда, а также использование съемочных материалов при различных гляциологических работах.

Рассмотрим возможность метеорологическое изучение статистического анализа таяния льдов методами спутникового мониторинга на снимках спутников NOAA с помощью программного продукта ERDAS IMAGINE. Исходное изображение для анализа приведено на рис. 2. Для расчета нормализованного дифференциального ледяного индекса (NDSI) использовался специальный объектно-ориентированный графический редактор алгоритмов Model Maker [16], который входит в состав программного продукта ERDAS IMAGINE.

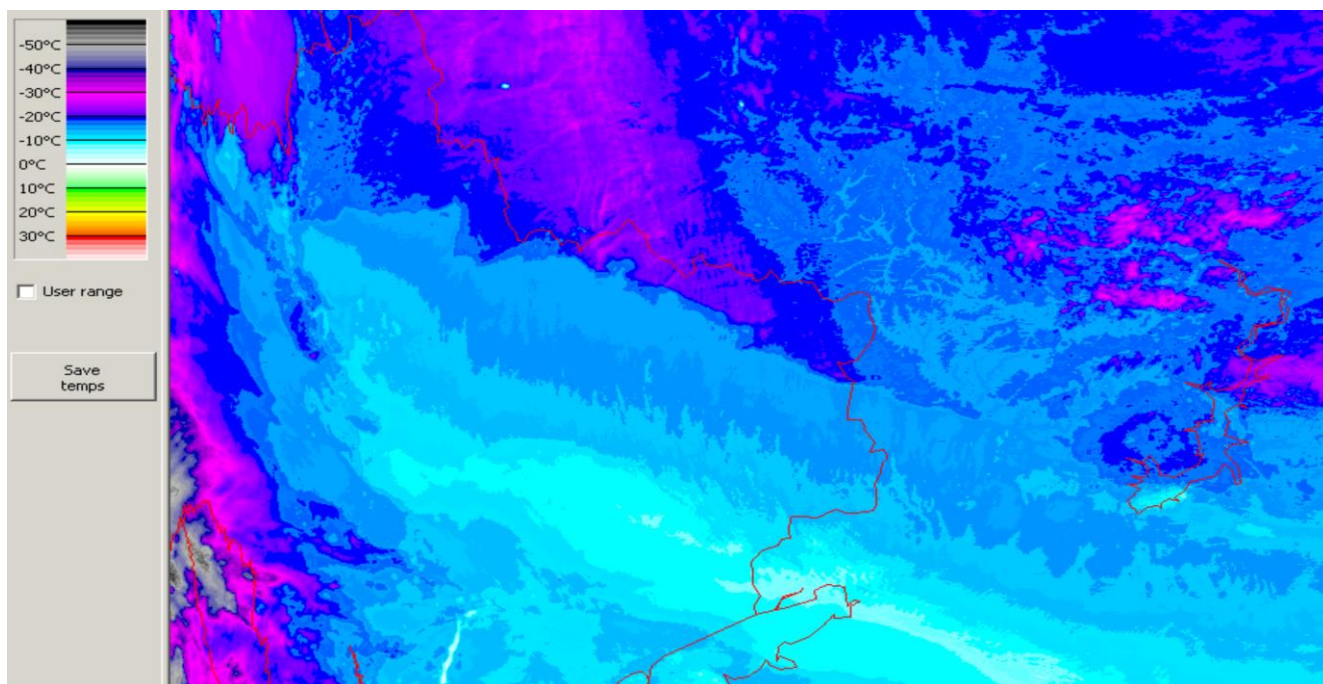


Рис. 2 – Исходное изображение ледяного покрова

В специальном объектно-ориентированном графическом редакторе алгоритмов Model Maker была создана модель, которая состояла из следующих элементов: блока входных данных, блока математических преобразований, блока исходных данных и связи между ними (рис. 3).

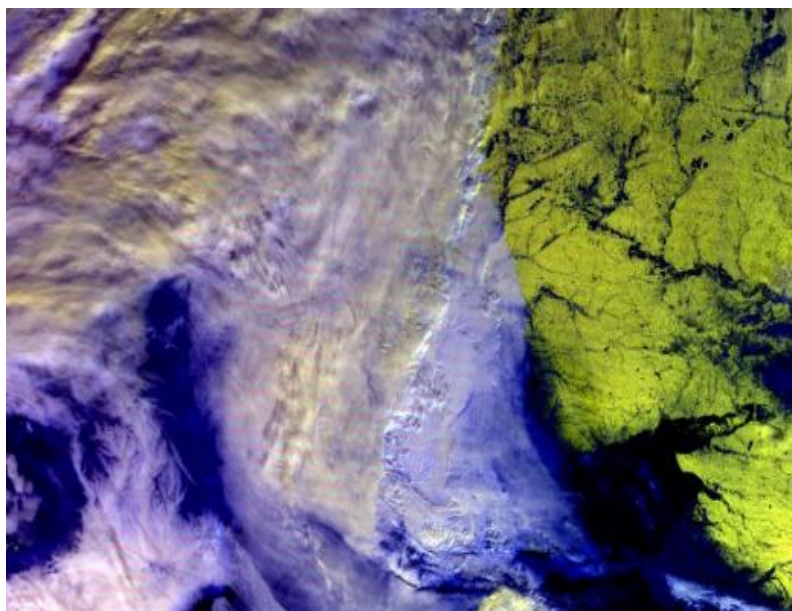


Рис. 3 – Окно редактора алгоритмов Model Maker

В блоке математических преобразований, рассчитывался индекс NDSI. С учетом длин волн в каждом канале радиометра AVHRR, формула приобретает вид $NDSI = (\text{канал } 3 - \text{канал } 5) / (\text{канал } 3 + \text{канал } 5)$.

Поскольку индекс NDSI для территорий с ледяным покровом более 0,4, то в блоке математических преобразований необходимо провести сравнение с 40% от градаций цвета (102) – рис. 4. Результатом работы модели является изображение льда, которое отражает наличие согласно значению индекса в каждой точке. Поскольку проводится мониторинг наличия ледяного покрова по четырем снимкам, созданная модель используется поочередно для каждого из них. Итак, в результате использования модели было получено четыре изображения, отражающие наличие или отсутствие льда в каждой точке, подобно рис. 2. При идентификации ледяного покрова актуальной является задача разделения границ облачности и льда. Многоканальность прибора AVHRR позволяет выделить области, покрытые льдом и облаками, разделяя их в термальном канале по градациям температур. Для идентификации облаков

используются данные 3-го, 4-го и 5-го каналов прибора AVHRR, а для идентификации льда - 1-й, 2-й, 3-й и 4-й каналы. Разница между результатами двух алгоритмов показывает территорию распространения льда. С помощью программного продукта ArcMap были созданы и подготовлены к печати карты ледяного покрова Донецкой области. Данные, полученные в результате использования объектно-ориентированной модели, были загружены в ArcMap. Далее была добавлена картографическая основа (слои «Административное деление», «Областные центры», «Гидрография») и элементы карты (координатная сетка, масштаб, направление на север, подписи, легенда и др.).

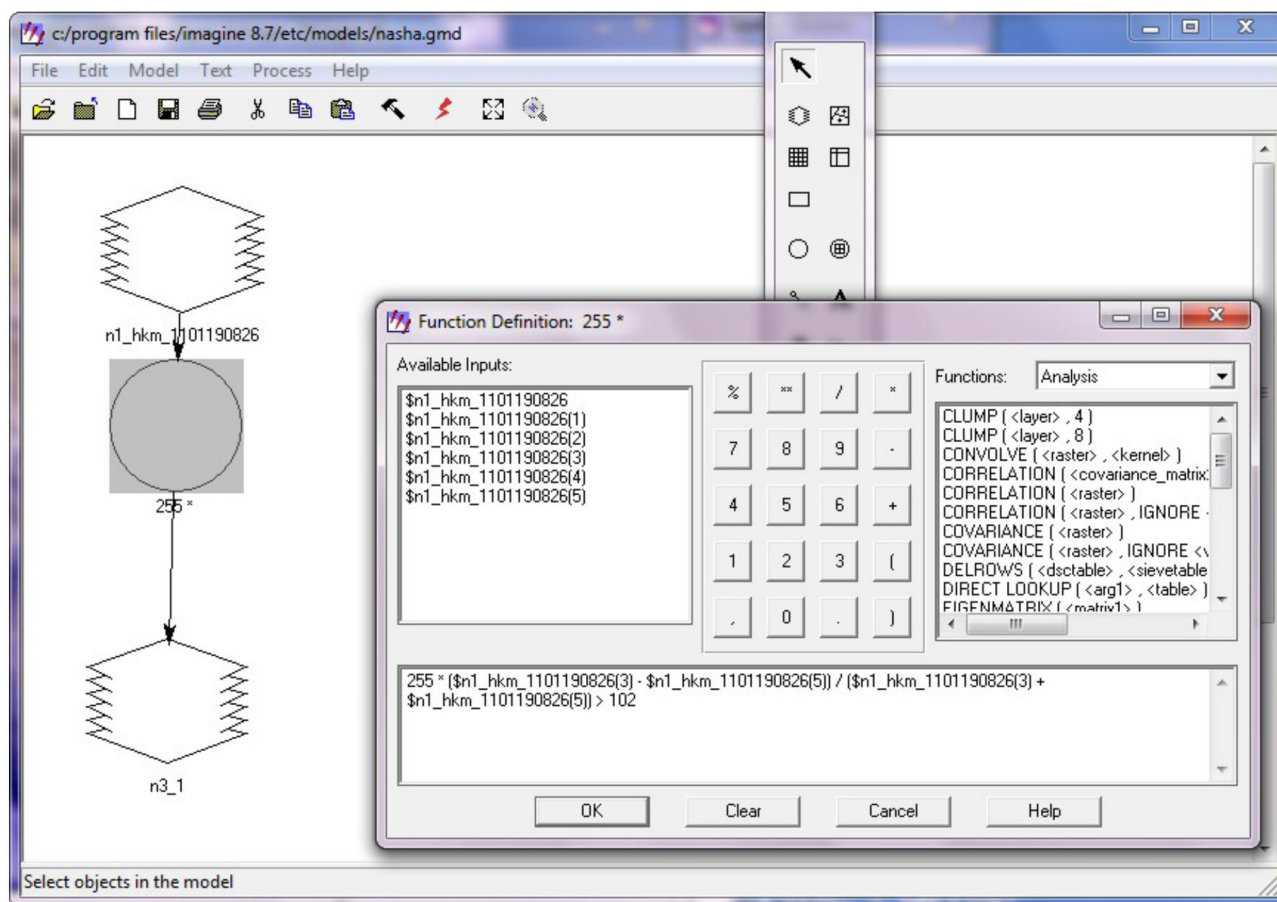


Рис. 4 – Сравнение данных входного и выходного блоков: выходной снимок (большее окно программы) результат работы модели (меньшее окно программы)

Результаты мониторинга отражены на рис. 5.

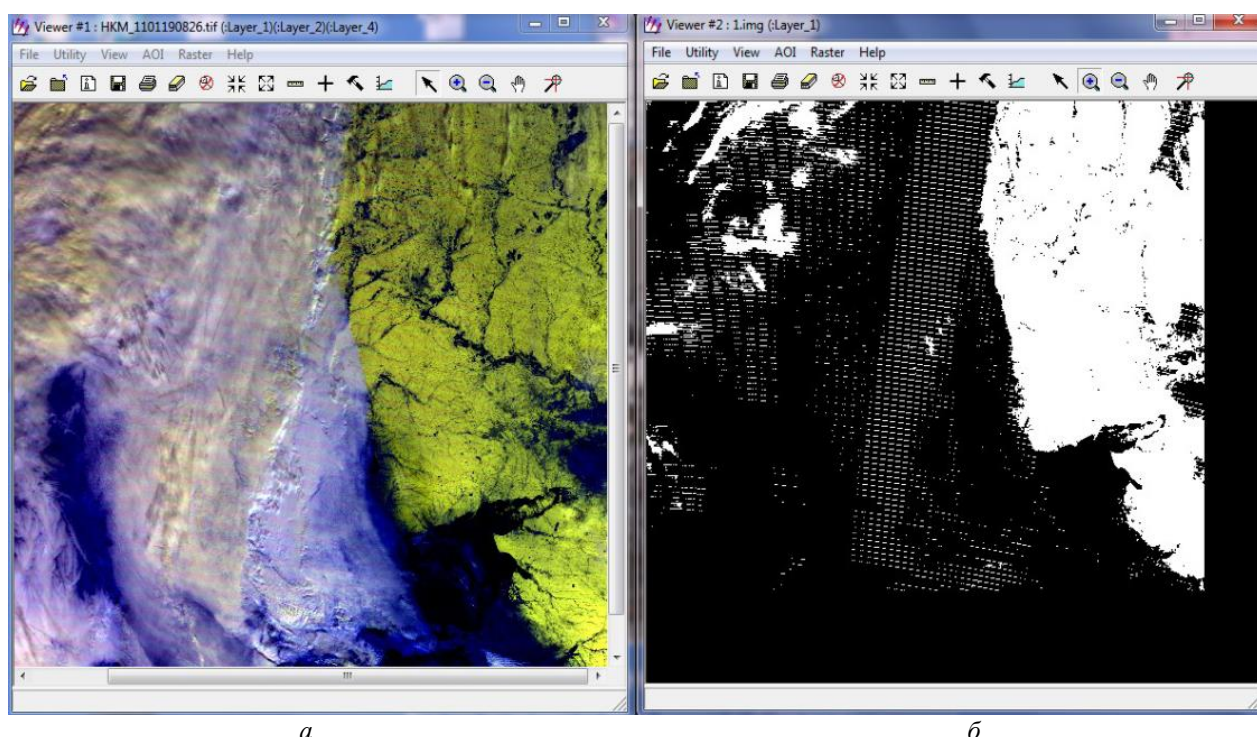


Рис. 5 – Пространственное распределение ледяного покрова с 19 января 2021 (а) по 7 февраля 2021 (б)

Таким образом, наблюдение за динамикой ледяного покрова является важным компонентом комплексного мониторинга климата и экосистем. С помощью космических снимков, сделанных в зимний период, и разработанной модели можно отслеживать границы распространения ледяного покрова на обширных территориях.

Оперативное картографирование ледяного покрова и скорость отступления его границ в весенний период традиционно используются для решения практических задач, прежде всего, для гидрологических прогнозов. Повторные снимки создают условия для изучения динамики изменения ледяных площадей. Наличие льда на открытых безлесных участках определяется с большой достоверностью и точностью.

Заключение

В статье были изучены международный опыт анализа таяния льдов. Показано, что контактные методы исследования являются недостаточно технологическими, а с точки зрения охраны труда в большинстве видов работ опасными. В то же время аэрофотосъемки и наземная цифровая съемка полностью удовлетворяют технико-технологическим требованиям и исключают опасность при выполнении работ, однако использование АФЗ в районе Антарктиды является технологической проблемой, его себестоимость очень высока. Альтернативой аэрофотосъемке является использование БПЛА, однако все еще не разработаны технологические схемы их применения в полярных регионах. БПЛА исключает негативные черты этих методов и дает возможность определить параметры ледников, к которым, прежде всего можно отнести формы и размеры, а также изменение объемов, составляющих их масс льда, а также использование съемочных материалов при различных гляциологических работах. Для мониторинга изменений ледниковых поверхностей предлагается с помощью космических снимков отслеживать границы распространения ледникового покрова на обширных территориях. Проводить анализ состояния и динамики ледникового покрова на подстилающей поверхности можно с помощью снимков со спутников NOAA.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Глотов В.М. Мониторинг малых ледников как индикаторов изменений климата в районе Антарктического полуострова / В.М. Глотов, С.Б. Коваленок, Г.П. Милиневский и др. // Украинський антарктичний журнал. – 2003. – № 1. – С.93–99.
2. Hagg W. A comparison of three methods of mass-balance determination in the Tuyuksu glacier region, Tien Shan, Central Asia / W. Hagg, L. Braun, V. Uvarov et al. // Journal of Glaciology. – V. 50. – №171. – 2004. – P.505–510.
3. Kunz M. Application of surface matching for improved measurements of historic glacier volume change in the Antarctic peninsula / M. Kunz, J.P. Mills, P.E. Miller et al. // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. – P.579–584.
4. Fang L. Determination of glacier surface area using spaceborne SAR imagery / L. Fang, O. Maksymiuk, M. Schmitt et al. // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – V. XL-1/W1. – 2013. – P.105–110.
5. Dyurgerov M. B. Reanalysis of Glacier Changes: From the IGY to the IPY, 1960–2008 / M. B. Dyurgerov // Materials of glaciological research. – M., 2010. – V. 108– – P.116.
6. Erten E. Glacier surface monitoring by maximizing mutual information / E. Erten, C. Rossib, I. Hajnsek // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia. – 2012. – P.41–44.
7. Jeffrey S. Global Land Ice Measurements from Space / Jeffrey S. Kargel, Gregory J. Leonard, Michael P. Bishop et al. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2014. – 876 p.
8. Grosswald M.G. Ice sheets in the Russian North and North-East during the last Great Chill // Materials of glaciological research. – M., 2009. – Issue. 106. – P.152.
9. Karpilo Jr. R. D. Glacier monitoring techniques / R. D. Karpilo Jr. // Geological Monitoring: Boulder, Colorado, Geological Society of America. – 2009. – P. 141–162.
10. Kaser G. A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers / G. Kaser, A. Fountain, P. Jansson // International Hydrological Programme. – Paris: UNESCO, 2003. – №. – P.137.
11. Kaufmann V. The evolution of rock glacier monitoring using terrestrial photogrammetry: the example of Äußeres Hohebenkar rock glacier / V. Kaufmann // Austrian Journal of Earth Sciences. – V. 105/2. – 2012. – P.63–77.
12. Winkler M. Kilimanjaro ice cliff monitoring with close range photogrammetry / M. Winkler, W.T. Pfeffer, K. Hanke // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – V. XXXIX-B5, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. – P.441–446.
13. Luís F.F. Monitoring glacier variations in the southern Patagonia ice field utilizing images Landsat 7 ETM+ \ International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences / F.F. Luís. – V. XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. – P.567–571
14. Wu H. Monitoring of glacial change in the head of the Yangtze river from 1997 to 2007 using InSar technique / H. Wu, Y. Zhang, J. Zhang et al. // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. – P.411–415.
15. Fallourd R. Monitoring temperate glacier with high resolution automated digital cameras – application to the argentière glacier / R. Fallourd, F. Vernier, J.-M. Friedt et al. // IAPRS, Vol. XXXVIII, Saint-Mandé, France. – 2010. – P.19–23.
16. Rodriguez A.M. Laser Scanner Technology / A.M. Rodriguez. – Published by InTech, 2012. – 258 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Glotov V.M. Monitoring malykh lednikov kak indikatorov izmenenij klimata v rajjone Antarkticheskogo poluostrova [Monitoring of small glaciers as indicators of climate change in the Antarctic peninsula] / V.M. Glotov, S.B. Kovalenok, G.P. Milinevsky, et al. // Ukrainian Antarctic Journal. - 2003. - No. 1. - pp.93-99 [in Russian]
2. Hagg W. A comparison of three methods of mass-balance determination in the Tuyuksu glacier region, Tien Shan, Central Asia / W. Hagg, L. Braun, V. Uvarov et al. // Journal of Glaciology. - V. 50. - №171. - 2004. - P.505-510.
3. Kunz M. Application of surface matching for improved measurements of historic glacier volume change in the Antarctic peninsula / M. Kunz, J.P. Mills, P.E. Miller et al. // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. - P.579-584.
4. Fang L. Determination of glacier surface area using spaceborne SAR imagery / L. Fang, O. Maksymiuk, M. Schmitt et al. // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - V. XL-1/W1. - 2013. - P.105-110.
5. Dyurgerov M. B. Reanalysis of Glacier Changes: From the IGY to the IPY, 1960-2008 / M. B. Dyurgerov // Materials of glaciological research. - M., 2010. - V. 108- - P.116.
6. Erten E. Glacier surface monitoring by maximizing mutual information / E. Erten, C. Rossib, I. Hajnsek // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia. - 2012. - P.41-44.
7. Jeffrey S. Global Land Ice Measurements from Space / Jeffrey S. Kargel, Gregory J. Leonard, Michael P. Bishop et al. - Berlin-Heidelberg: Springer, 2014. - 876 p.
8. Grosswald M.G. Ice sheets in the Russian North and North-East during the last Great Chill // Materials of glaciological research. - M., 2009. - Issue. 106. - P.152.
9. Karpilo Jr. R. D. Glacier monitoring techniques / R. D. Karpilo Jr. // Geological Monitoring: Boulder, Colorado, Geological Society of America. - 2009. - P. 141-162.
10. Kaser G. A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers / G. Kaser, A. Fountain, P. Jansson // International Hydrological Programme. - Paris: UNESCO, 2003. - №. - P.137.
11. Kaufmann V. The evolution of rock glacier monitoring using terrestrial photogrammetry: the example of Äußeres Hochebenkar rock glacier / V. Kaufmann // Austrian Journal of Earth Sciences. - V. 105/2. - 2012. - P.63-77.
12. Winkler M. Kilimanjaro ice cliff monitoring with close range photogrammetry / M. Winkler, W.T. Pfeffer, K. Hanke // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - V. XXXIX-B5, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. - P.441-446.
13. Luís F.F. Monitoring glacier variations in the southern Patagonia ice field utilizing images Landsat 7 ETM+ \ International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences / F.F. Luís. - V. XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. - P.567-571
14. Wu H. Monitoring of glacial change in the head of the Yangtze river from 1997 to 2007 using InSar technique / H. Wu, Y. Zhang, J. Zhang et al. // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012. - P.411-415.
15. Fallourd R. Monitoring temperate glacier with high resolution automated digital cameras - application to the argentière glacier / R. Fallourd, F. Vernier, J.-M. Friedt et al. // IAPRS, Vol. XXXVIII, Saint-Mandé, France. - 2010. - P.19-23.
16. Rodriguez A.M. Laser Scanner Technology / A.M. Rodriguez. - Published by InTech, 2012. - 258 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.016>**БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ АЛЮМИНИЯ И ЖЕЛЕЗА В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ХИБИНСКИХ И ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР**

Научная статья

Семенов В.А.*

ORCID: 0000-0002-1283-8105,

Российский государственный университет правосудия, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (kosarevanatalia[at]rambler.ru)

Аннотация

В статье анализируется биогенный массообмен Al и Fe в почвах и растительном покрове Хибинских и Ловозерских тундр. Определены концентрации и соотношение водорастворимых, 0,1н NaOH-растворимых, 1н KCl-растворимых и оксалатрастворимых форм Al и Fe в почвах главных вертикально-зональных поясов. Установлен коэффициент биологического поглощения (K_b) для растений разных высотных поясов. В большинстве растений отмечен рост содержания Al от горно-таежных к тундровым биогеоценозам. Для Fe отмечен рост концентраций в растениях от горно-тундровых к горно-таежным ландшафтам. Содержание Al и Fe в биомассе, в годовом приросте и опаде растет от горной тундры к долиненной еловой тайге. Ежегодный биогенный прирост Al и Fe снижается от таежного ландшафта к лишайниковой тундре. Указанные факты говорят о существенной роли ландшафтно-геохимических составляющих в перераспределении и биологическом круговороте Al и Fe в ландшафтах Хибинско-Ловозерской щелочной провинции. Материалы исследования могут быть использованы для интенсификации аграрной деятельности в регионе, а также для оценки экологической обстановки и биоиндикации.

Ключевые слова: массообмен, биогеоценоз, коэффициент биологического поглощения, биомасса, опад.

THE BIOLOGICAL CYCLE OF ALUMINUM AND IRON IN THE BIOGEOCENOSSES OF THE Khibiny AND LOVOZERO TUNDRAS

Research article

Semenov V.A.*

ORCID: 0000-0002-1283-8105,

Russian State University of Justice; Moscow, Russia

* Corresponding author (kosarevanatalia[at]rambler.ru)

Abstract

The article analyzes the biogenic mass exchange of Al and Fe in the soils and vegetation of the Khibiny and Lovozero tundras; it also determines concentrations and ratios of water-soluble, 0.1N NaOH-soluble, 1h KCl-soluble and oxalate-soluble forms of Al and Fe in soils of the main vertical-zonal belts. The study establishes the coefficient of biological absorption (K_b) for plants of different altitude zones and notes an increase in Al content from mountain-taiga to tundra biogeocenoses in most plants, while for Fe, the author notes an increase in concentrations in plants from mountain-tundra to mountain-taiga landscapes. The content of Al and Fe in biomass, in annual growth and fall, grows from the mountain tundra to the valley spruce taiga. The annual biogenic growth of Al and Fe decreases from the taiga landscape to the lichen tundra. These facts indicate a significant role of landscape and geochemical components in the redistribution and biological cycle of Al and Fe in the landscapes of the Khibinsk-Lovozersk alkaline province. The research materials can be used to intensify agricultural activity in the region, as well as to assess its environmental situation and bioindication.

Keywords: mass transfer, biogeocenosis, biological absorption coefficient, biomass, decay.

Введение

Биогенный массообмен элементов в ландшафте вообще, и в экосистемах европейского Севера в частности, имеет колоссальное значение для геохимической судьбы природы Заполярья. Целостность биосферы, как природного комплекса, связана с постоянным обменом веществом между ее элементами, где основную роль играют синтез и разложение органического вещества. Эти процессы связаны как с массообменом организмов с окружающей средой, так и с минерализацией органического вещества после смерти организма, а также с рядом иных абиогенных по своему генезису факторов. Цель исследования – рассмотреть такие типоморфные в щелочноземельных ландшафтах элементы как Al и Fe и определить некоторые особенности биокруговорота этих элементов в почвенном и растительном покрове Хибинско-Ловозерской щелочной провинции. Растительные сообщества Хибин и Ловозерских тундр (Луяврурта) используются для оленеводства и овощеводства, сбора грибов и ягод, заготовки лекарственных растений, активно используются в аграрном секторе региона. Если Хибин, как более хозяйственно освоенные, достаточно хорошо изучены в этом отношении, то Луяврурт в биогеохимическом смысле изучен недостаточно. Это подчеркивает актуальность рассматриваемой темы.

Биогеохимическая сущность и значение процессов, имеющих место в биологическом круговороте веществ, впервые описал отец российского почвоведения В.В. Докучаев [8, С. 12]. Также вопросами биологического круговорота химических элементов занимались академик В.И. Вернадский, Б.Б. Польшов, Д.Н. Прянишников, Л.Е. Родина, Н.И. Базилевич [1, С. 5-30], В.Н. Сукачев, В.А. Ковда [8, С. 13-14], [9, С. 886] и ряд других исследователей-естествоиспытателей [10, С. 20], [14, С. 141]. В наши дни существенный вклад в изучение биомассы Хибин и Луяврурта вносят специалисты-исследователи Кольского научного центра РАН [5, С. 207], [7, С. 13-14].

Методы и методики

Геоботаническое описание и пробоотбор образцов основных представителей растительности и почв производились в 3 главенствующих типах биогеоценозов Хибинского и Ловозерского массивов: горно-таежного, переходного лесотундрового, горно-тундрового. В Луяврурте также описывалась растительность и почва ландшафта субальпийских березняков. Зольность растений определялась озолением в муфеле Nabertherm LV 3/11 в фарфоровых пиалах при температуре 650°C, с последующим взвешиванием на атомных весах. Химический состав золы растений и почв определялся по методике рентген-флюоресцентного анализа на приборе Philips PW-1600 в ЦЛАВ ГЕОХИ им. В.И. Вернадского [12, С. 174].

В лаборатории геохимии ландшафта географического факультета Московского педагогического государственного университета было определено содержание следующих форм Al и Fe в почвах: водорастворимые; связанные с органическим веществом (извлекались 0,1н раствором NaOH); обменные (для Al) и 1н KCl-растворимые (для Fe) (по методике А.В. Соколова) [12, С. 119]; оксалатрастворимые, сорбированные преимущественно оксидами и гидрооксидами Fe (по методике О. Тамма) [12, С. 48]. Определение Al проводилось на спектрофотокориметре ФЭК-3 при длине волны 547 нм, алюминонометрическим методом. Определение Fe проводилось также колориметрически на ФЭК-3, но при длине волны 430 нм, по стандартной методике определения Fe с сульфосалициловой кислотой.

Основные результаты

Алюминий содержится в почвах в макроколичествах и играет важную ландшафтно-конституционную роль, оказывает влияние на фиксацию фосфора, определяет показатель pH, способствует или, наоборот, препятствует миграции химических элементов в биогеоценозе [13, С. 86-90]. Железо является необходимым элементом для развития и роста растений, входя в состав многих ферментов и витаминов. Его роль в ландшафте также велика. Поведение каждого из ионов, особенно Al, тесно взаимосвязано с гидротермическими условиями [13, С. 86-90], особенностями химико-минералогического состава горных пород, характером растительности. Абсолютное содержание и соотношение форм Al и Fe в почвах в некоторой степени определяется высотной поясностью.

В почвах всех высотных поясов соотношение форм Al, в целом, сохраняется. Среди форм Al ведущее место занимает обменный, его концентрации – наибольшие во всех типах изученных нами вертикально-зональных ландшафтов. Далее содержание форм алюминия снижается в ряду «оксалатрастворимый – органический (0,1н NaOH-растворимый) – водорастворимый» (см. табл. 1). Среди форм Fe на 1 месте в почвах всех высотных поясов стоят оксалатрастворимые соединения. Далее в ряду убывания идет органическое (Fe-органические комплексы). Отметим, что разница между идущими далее по убыванию 1н KCl-растворимыми и водорастворимыми соединениями Fe зачастую невелика и, главное, меняется в пределах разных высотных поясов. Так, в почвах горной тайги более высоким содержанием отличаются легкоподвижные водорастворимые формы (в сравнении с 1н KCl-растворимыми). В почвах субальпийских березняков это соотношение примерно равное. Выше, в лесотундровых и тундровых ландшафтах более высокие концентрации характерны для 1н KCl-растворимого Fe, по сравнению с водорастворимым.

Таблица 1 – Соотношение форм алюминия и железа в почвах различных высотных поясов Хибин и Луяврурта

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт	Формы алюминия				Формы железа			
				Содержание, 1·10 ⁻³ % на сухое вещество							
				Обменный	Оксалатрастворимый	Органический	Водорастворимый	1н KCl-растворимое	Оксалатрастворимое	Органическое	Водорастворимое
Луяврурт	Горно-таежный	Торфянистый гумусово-железистый подзол	A ₀	3,42	1,27	0,75	0,010	0,32	0,85	0,37	0,361
			A _T	37,27	—	5,35	0,069	0,24	2,09	0,47	0,197
			A ₂	13,02	1,19	0,36	0,014	0,05	3,52	0,31	0,041
			B	10,16	12,85	1,72	0,002	0,03	6,34	0,19	0,015
			C	0,00	1,38	1,74	0,001	0,00	1,69	0,06	0,010
Хибины		A ₀	44,12	6,50	1,97	Не опр.	0,58	1,04	0,40	Не опр.	
		A _T	25,88	6,25	2,78	0,059	0,28	2,25	0,40	0,116	
		A ₂	12,38	6,81	1,88	0,004	0,03	3,00	0,47	0,017	
		B/C	0,00	42,81	0,46	0,003	0,02	3,00	0,17	0,016	
Луяврурт		Бурая торфянистая горно-таежная	A ₀	11,18	0,13	1,52	0,117	0,41	1,19	0,54	0,506
			A _T	20,03	2,10	1,63	0,059	0,22	1,28	0,58	0,213
			A	47,18	13,74	2,94	0,054	0,30	4,49	0,38	0,069
			B/C	4,44	17,25	1,38	0,002	0,05	3,91	0,17	0,034
Хибины		A ₀	—	2,21	4,95	0,076	0,28	0,86	0,48	0,377	
		A _T	63,51	9,29	2,23	0,050	0,21	2,34	0,45	0,167	
		B/C	6,32	54,09	2,62	0,005	0,04	7,40	0,30	0,022	
		C	11,01	41,67	0,53	0,002	0,03	3,03	0,05	0,017	
Луяврурт	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	A ₀	30,54	3,55	5,15	0,094	0,44	0,89	0,35	0,442
			A _T	13,12	15,00	8,39	0,019	0,18	3,13	0,49	0,052
			A ₁	6,94	14,13	1,27	0,003	0,03	3,35	0,25	0,023
			B	2,83	21,33	0,78	—	0,02	2,97	0,04	0,018
			C	0,00	15,00	1,16	0,015	0,04	2,31	0,03	0,014

Окончание таблицы 1 – Соотношение форм алюминия и железа в почвах различных высотных поясов Хибин и Луаврурта

Хибины	Ерникова лесотундра	Торфянистая лесотундровая	A ₀	11,06	2,42	4,95	0,054	0,21	1,03	0,35	0,163
			A _T	67,77	9,50	2,23	0,072	0,21	2,13	0,46	0,126
			B/C	0,80	62,50	2,62	0,005	0,04	5,50	0,14	0,024
			C	0,00	44,87	0,53	0,002	0,03	3,44	0,06	0,015
Луаврурт			A ₀	–	He	9,06	He опр.	He	1,01	1,21	He опр.
			A _T	39,06	He	10,09	0,017	He	2,50	1,14	0,019
			A	1,03	опр.	0,52	0,009	опр.	4,27	0,17	0,016
			A/B	1,70		0,66	He опр.		3,33	0,26	He опр.
Хибины	Горная тундра	Торфянистая горно-тундровая	A ₀	46,88	3,95	1,77	0,092	0,22	1,04	0,29	0,192
			A _T	22,85	27,77	7,93	0,016	0,12	3,78	0,43	0,045
			B/C	1,18	44,95	0,58	0,002	0,04	4,15	0,07	0,014
			C	1,68	44,98	1,37	0,004	0,01	2,91	0,08	Следы
Луаврурт			A ₀	33,75	He	0,33	He опр.	He	0,55	0,33	He опр.
			A _T	66,99	He	5,29	0,016	He	3,44	1,40	0,047
			A	5,63	опр.	1,26	He опр.	опр.	4,58	0,43	He опр.
			B/C	0,52		2,10	He опр.		3,82	0,28	He опр.

Примечание: 112 проб

По-видимому, такое явление связано с уменьшением доли фульватов и увеличением содержания гуминовых кислот в подстилке при движении от таежных ландшафтов к тундре. На это указывала А.Н. Ерошкина [4, С. 8-9], относя к подвижным легкорастворимым соединениям Fe преимущественно формы, связанные с фульвокислотами. Поэтому совершенно закономерным является отмеченное явление уменьшения водорастворимого (фактически растворимого в органических кислотах) Fe от горно-таежных к горно-тундровым ландшафтам. К этому также можно добавить существенный вынос самых легкоподвижных гумусовых соединений – фульвокислот – вниз по горному склону (латеральная миграция). Словом, соединения Fe в большей степени реагируют на смену ландшафтных условий высотного пояса, чем формы Al.

Несколько иная, более сложная картина наблюдается при рассмотрении соотношения форм Al и Fe от валового содержания. Этот показатель характеризует, по сути, степень подвижности той или иной формы элемента в разных горизонтах почв и в неодинаковых ландшафтно-геохимических условиях. Убывающий ряд содержаний форм Al от обменных к водорастворимым (см. табл. 1) сохраняется в почвах горно-таежных ландшафтов. Однако в почвах субальпийских березняков, с мощным профилем и хорошо представленным гумусовым горизонтом, богатым органическим веществом, в ряду убывания содержания от валового Al картина выглядит так: обменные формы – органические соединения – оксалатрастворимый Al – водорастворимые формы. В этих почвах максимум от валового содержания выше у органического Al, чем у экстрагируемого реактивом Тамма. Иная ситуация наблюдается в почвах лесотундры. Здесь среди всех рассмотренных форм Al на первый план выходят оксалатрастворимые, превышая даже обменный Al. Содержание обменного и органического Al от валового снижается (по сравнению с вышеописанными почвами). Ряд убывания представлен следующим: оксалатрастворимый – обменный – органический – водорастворимый. Повышение процентного содержания от валового оксалатрастворимых форм Al можно объяснить увеличением количества оксидов, гидрооксидов и силикатов, что обусловлено близостью коренных пород и уменьшением мощности почвообразующей морены. Значение же органического Al отходит на второй план в связи с уменьшением количества органического вещества, поступающего в почву. Почвы горно-тундровых ландшафтов по процентному содержанию форм Al от валового идентичны почвам лесотундры. Здесь еще больше сказывается влияние коренных пород, и еще меньше органического вещества поступает в почву.

Соотношение содержания форм Fe от валового представляет несколько отличную от форм Al картину. В гумусово-железистых подзолах горно-таежного пояса убывающий ряд форм Fe выглядит так: оксалатрастворимые формы – 1n KCl-растворимые – органические – водорастворимые соединения. При этом в бурых горно-таежных почвах 1n KCl-растворимые формы перемещаются в самый конец представленного ряда. Возможно, это связано с тем, что в подзолах существенно больше содержание глинистых частиц и кристаллитов железа, привнесенных с верхних частей склона, по сравнению с бурыми горно-таежными почвами [7, С. 112]. Соли калия, извлекающие наряду с Fe-органическими комплексами, глинистые частицы и Fe из тонких кристаллов гетита, ферригидрита и пр. [3, С. 89-90], реагируют на уменьшение указанных компонентов в бурых горно-таежных почвах. К тому же Fe-органические комплексы также существенно меньше извлекаются из бурых горно-таежных почв; щелочнорастворимого, т. е. органического, железа в подзолах экстрагируется больше. Соотношение форм Fe в % от валового содержания почв субальпийских березняков неповторимо. Ряд убывания содержания от валового выглядит так: оксалатрастворимое Fe – водорастворимое Fe – 1n KCl-растворимое – органическое железо. В указанных почвах в очень большом количестве извлекаются легкоподвижные соединения Fe (водная вытяжка). Это во многом объясняется действием агрессивных фульвокислот, разрушающих слабосвязанные почвенные агрегаты и переводящих их в раствор, как сказано выше. Содержание фульватов максимально в подстилке, где и отмечен наибольший процент от валового содержания водорастворимых форм Fe. Соотнесение концентрации форм Fe от валового в лесотундровых почвах позволяет выявить их сходство с подзолами таежных ландшафтов. Ряд убывания % от валовой концентрации здесь таков: оксалатрастворимые формы – 1n KCl-растворимое Fe – органическое Fe – водорастворимые формы. Для оксалатрастворимых и, частично, для 1n KCl-растворимых форм Fe характерен наибольший % от валового, что определяется поступлением глинистых и других минеральных частиц с вышележащих территорий (как и в случае с подзолами). Однако в лесотундровых почвах существенно также влияние близко залегающих коренных пород, обогащающих почвы продуктами разрушения

нефелиновых сиенитов. Концентрации щелочно- и водорастворимых форм Fe в % от валового здесь сопоставимы между собой, и невелики. Это в значительной степени связано с уменьшением биомассы и количества органического вещества в почвах от тайги к тундре. Сопоставление разных форм Fe от валового в горно-тундровых почвах позволило построить следующий ряд убывания: 1n KCl-растворимое Fe – оксалатрастворимое – органическое – водорастворимое. Максимальная извлекаемость 1n KCl-растворимых и оксалатрастворимых форм Fe в данных почвах определяется обилием минеральных включений, глинистых частиц (тонкий слой морены имеет суглинистый состав). Здесь наиболее велика роль коренных пород в обогащении почв продуктами гипергенеза нефелиновых сиенитов. Экстрагируемость Fe щелочной и водной вытяжкой весьма мала, что может определяться минимальной биомассой, незначительным содержанием и накоплением органического вещества в почве.

Небезынтересно также рассмотреть соотношение содержания Al и Fe в растениях, подстилочных и торфянистых горизонтах почв (см. табл. 2). Во всех рассмотренных случаях валовая концентрация Al и Fe в растениях многократно меньше общего содержания в органогенных горизонтах почв. Это позволяет судить о некоторой аккумуляции указанных металлов в верхних горизонтах почв.

Таблица 2 – Валовое содержание Al и Fe в растениях, подстилочных и торфянистых горизонтах почв разных высотных поясов Хибин и Луаврурта

Массив, № точки	Высотный пояс	Почва	Растение, органогенный горизонт	Валовое содержание, % на сухое вещество	
				Al	Fe
1/99С, Луаврурт	Горная тайга	Бурая торфянисто-горно-таежная	Черника	0,129	0,127
			Хвоя ели	0,014	0,000
			A ₀	2,113	1,370
			A _T	1,196	0,917
1/99Х, Хибин		Торфянистый гумусово-железистый подзол	Хвоя ели	0,010	0,000
			A _T	3,287	3,024
3/99С, Луаврурт	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая	Листья березы повислой	0,010	0,000
			A _T	5,838	5,675
2/99Х, Хибин	Горная лесотундра	Торфянистая лесотундровая	Листья березы извилистой	0,012	0,000
			A _T	5,716	3,965
3/99Х, Хибин	Горная тундра	Торфянистая горно-тундровая	Лишайник Cetraria	0,060	0,041
			A _T	7,642	3,584

Примечание: 42 пробы

Подводя промежуточный итог, отметим, что соотношение форм Al и Fe по высотным поясам изменяется мало. Содержание форм Al убывает в ряду «обменный – оксалатрастворимый – органический – водорастворимый». Среди форм Fe на первом месте стоят оксалатрастворимые соединения, убывая далее к органическим формам (0,1n NaOH-вытяжка), 1n KCl-растворимым и водорастворимым. Однако рассмотрение соотношения форм Al и Fe от валового их содержания все же позволило выявить ряд высотно-зональных особенностей ландшафтов. Определяющими факторами здесь служат свойства органического вещества, характер и количество минеральных включений, близость коренных пород к почвенной толще. При оценке концентрации каждой формы элемента отдельно по высотным поясам, выяснилось, что ростом концентраций от горной тундры к горно-таежным ландшафтам характеризуются обменные (Al) и 1n KCl-растворимые (Fe) формы, а также водорастворимые Al и Fe. Увеличением концентраций в обратном направлении, от горной тайги к тундре, отличаются оксалатрастворимые Al и Fe, а также органические (0,1n NaOH-растворимые) формы обоих элементов. Первопричиной, определяющей характер подобного изменения содержания от одного биогеоценоза к другому, с нашей точки зрения, является количество и фракционный состав почвенного гумуса. К этому можно добавить некоторую роль pH. Влияние значений pH на содержание многих форм Al и Fe тем более заметно при сопоставлении отдельно органогенных горизонтов почв, где наблюдается максимум многих изученных форм алюминия и железа.

Изменение содержаний той или иной формы как Al, так и Fe в органогенных горизонтах почв разных ландшафтов не всегда совпадает с характером изменения оных по почвам вообще. В распределении форм Al и Fe в почвах разных высотных поясов отдельно Хибинских и Ловозерских тундр существенных различий не выявлено. Соотношение Al и Fe в растениях, подстилке и торфянистых горизонтах почв позволяет в очередной раз сказать о накоплении указанных элементов в органогенных горизонтах. При этом валовое содержание Al и Fe в горизонте A₀ меньше, чем в A_T в большинстве рассмотренных почв.

Для растений характерны изменение концентраций Al и Fe в золе и сухом веществе, а также вариации кривой биологического поглощения по высотным поясам. Рассмотрим указанные параметры на примере данных из табл. 3 по Луаврурту.

Для черники достаточно четко наблюдается рост содержания алюминия в золе и сухом веществе растения от горной тайги к лесотундровому поясу, сопровождающееся закономерным увеличением коэффициента биологического поглощения. Это объясняется увеличением содержания алюминия в рыхлых отложениях от тайги к тундре, а также ростом механического привноса вещества ветром и атмосферными осадками. К.М. Рябцева [10, С. 21], изучая растительность отдельных высотных поясов Хибин, отметила ту же закономерность для титана, никеля, кобальта и некоторых других рассеянных элементов в золах растений. Иная ситуация наблюдается с Fe. Содержание этого элемента в золе и сухом веществе черники сначала растет от тайги к субальпийским березнякам, а затем довольно резко снижается (см. табл. 3). Это, как отмечалось выше, в значительной степени связано с содержанием Fe в мелкоземных почвообразующих породах, которое снижается от таежных ландшафтов к горной тундре. Растения могут как «агрессивно», так и «пассивно» накапливать тот или иной элемент. В первом случае, содержание элемента в мелкоземных и атмосферной пыли невелико, но растение все равно целенаправленно накапливает тот или иной элемент. В нашей же ситуации, скорее всего, наблюдается второй случай, где изменение концентрации элемента в ландшафте ведет за собой изменение его содержания в растении. То есть черника, в данном случае, – «пассивный» накопитель алюминия.

Концентрация как Al, так и Fe в лишайнике *Cladonia* довольно резко возрастает от лесотундры к горной тундре (см. табл. 3). То же происходит и с коэффициентом биологического поглощения (K_b). По-видимому, это связано с увеличением атмосферного поступления обоих элементов в горно-тундровых биогеоценозах. *Cladonia*, как пассивный аккумулятор Al и Fe, характеризуется наибольшим K_b там, где ландшафт богат названными элементами.

Таблица 3 – Среднее содержание Al и Fe в золе и сухом веществе, коэффициент биологического поглощения (K_b) для растений разных высотных поясов Луаврурта

Высотный пояс	Растительный образец	Зольность в %	Общее содержание в %				К ₆ растений на местные породы	
			На золу		На сухое растение			
			Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe
Горно-таежный	Листья черники	3,24	4,27	4,21	0,138	0,136	0,50	0,78
Субальпийские березняки		3,66	6,44	4,58	0,236	0,168	0,75	0,85
Горная лесотундра		3,55	13,76	2,85	0,489	0,101	1,6	0,53
	Лишайник <i>Cladonia</i>	0,84	3,52	0,48	0,030	0,004	0,41	0,09
Горная тундра		0,79	7,05	4,56	0,056	0,036	0,82	0,85

Примечание: 18 проб

Помимо выше представленных аналитических данных, автором была предпринята попытка рассмотреть показатели биологического круговорота Al и Fe в разных высотных поясах Хибин и Луаврурта (см. табл. 4). Расчет содержания Al и Fe в зеленой части биомассы, в приросте и опаде производился на сухое вещество основных представителей растительности каждого биогеоценоза, с привлечением приблизительных данных Н.Л. Чепурко [15, с. 214-218] по Хибинскому массиву. Хотя вариация значений по каждому ландшафту может быть достаточно большой, данные все же дают ориентировочную картину распределения и биологического круговорота Al и Fe в ландшафтах, примерный порядок цифр верен.

Масса Al и Fe в общей биомассе возрастает от ельника-черничника к лишайниковой тундре (см. табл. 4). В ельнике содержание как Al, так и Fe составляет первые сотни кг/га. В ерниковой лесотундре содержание Al и Fe в биомассе, в основном, характеризуется десятками кг/га. Исключение здесь составляет лишь лесотундра Луаврурта, в напочвенном ярусе которой отмечен весьма обильный лишайниковый покров. За счет избирательного накопления лишайниками Al, содержание этого элемента в биомассе лесотундры весьма велико, вполне сопоставимо даже с ельником-черничником. Концентрация как Al, так и Fe в биомассе лишайниковой тундры невелика, составляя десятки доли кг/га. Это объясняется бедностью тундр растительностью, разреженным напочвенным покровом. Полученные цифры вполне коррелируют с результатами, полученными К.М. Рябцевой [10, с. 27]. Хотя у данного автора нет расчетов на Al и Fe, но все же для сравнения вполне можно рассмотреть и другие элементы. Например, по данным Рябцевой [10, с. 27], содержание Na в золах растений лесного пояса Хибин составляет 4700 кг/га, P – 1428,8 кг/га. У нас же содержание Al в биомассе лесного пояса Хибин – 286,31 кг/га, что вполне закономерно.

Ежегодный прирост Al и Fe за счет прироста биомассы колеблется в пределах от 6,2 до 10020,7 г/га. Высокие значения прироста Al и Fe характерны для ельников-черничников, в целом, убывая к лишайниковой тундре. Однако, снова обратим внимание на то, что прирост Al в лесотундре Луаврурта весьма высок, даже превышая указанный показатель для черничных ельников. Это объясняется, как отмечено выше, богатым составом растительности Ловозерской ерниковой лесотундры. Железо же концентрируется в растениях данного пояса существенно меньше, чем Al.

Таблица 4 – Среднее содержание Al и Fe в биомассе и показатели их биологического круговорота по разным биогеоценозам Хибин и Луяврурта

Показатели	Ельник-черничник				Ерниковая лесотундра				Лишайниковая тундра			
	Хибины		Луяврурт		Хибины		Луяврурт		Хибины		Луяврурт	
	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe
Содержание Al и Fe в биомассе, кг/га	286,31	215,09	223,81	209,28	58,24	32,64	186,24	49,92	0,21	0,13	0,20	0,12
в т. ч. в зеленой части, кг/га	17,18	12,91	13,43	12,56	4,66	2,61	14,90	3,99	0,21	0,13	0,20	0,12
в т. ч. в хвое ели, г/га	872,0	784,8	1395,2	523,2	–	–	–	–	–	–	–	–
в т. ч. в листьях черники, г/га	15085,6	9679,2	12033,6	11859,2	4352,0	2176,0	12518,4	2585,6	–	–	–	–
в т. ч. в листьях березы пушистой, г/га	1220,8	2441,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
в т. ч. в листьях березы извилист., г/га	–	–	–	–	307,2	435,2	409,6	358,4	–	–	–	–
в т. ч. в лишайнике Cetraria, г/га	–	–	–	–	–	–	1203,2	947,2	144,0	98,4	67,2	38,4
в т. ч. в лишайнике Cladonia, г/га	–	–	–	–	–	–	768,0	102,4	69,6	28,8	134,4	86,4
Al и Fe в год. приросте биомассы, г/га	10020,7	7528,3	7833,5	7324,8	5322,4	2982,9	17020,1	4562,1	10,7	6,4	10,1	6,2
в т. ч. в зеленой части, г/га	4609,5	3463,0	3603,4	3369,4	3566,0	1998,5	11403,5	3056,6	10,7	6,4	10,1	6,2
Al и Fe в годовом опаде, г/га	9060,2	6806,6	7082,6	6622,7	5250,2	2942,4	16789,2	4500,2	9,8	5,8	9,2	5,7
в т. ч. в зеленой части, г/га	4439,5	3335,3	3470,5	3245,1	3570,2	2000,9	11416,6	3060,1	9,8	5,8	9,2	5,7
Истинный год. прирост Al и Fe в год. приросте биомассы, г/га	960,5	721,7	750,9	702,1	72,2	40,5	230,9	61,9	0,9	0,6	0,9	0,5

Примечание: составлена автором по методике Н.Л. Чепурко [15, С. 213-217]; прочерк означает отсутствие данного растения в указанном биогеоценозе

Это вновь дает основания говорить о большей связи Fe с химическим составом рыхлых отложений. Наименьшие значения годового прироста Al и Fe отмечены в лишайниковой тундре.

Абсолютно идентичная картина наблюдается и с ежегодным поступлением Al и Fe с опадом. В большинстве случаев опад составляет меньшие величины, чем ежегодный прирост. Так, по данным Р.М. Морозовой и др. [6, С. 186-192], поступление Al в подстилку с опадом в ельнике-кисличнике северной Карелии составляет 0,8 кг/га, а Fe – 0,4 кг/га. По нашим расчетам, это 7,08-9,06 кг/га и 6,62-6,81 кг/га соответственно. Данные разнятся в примерно в 10 раз. Однако нужно учесть, что ландшафты, формирующиеся на продуктах выветривания нефелиновых сиенитов, существенно богаче как алюминием, так и железом, чем окрестные равнины. Также добавим, что ельник-черничник богаче по видовому составу и общей биомассе, чем ельник-кисличник. Следовательно, Al и Fe должно быть больше в нашем случае, что и имеет место.

Истинный годовой прирост максимален в ельнике-черничнике, где он составляет и для Al, и для Fe сотни г/га в год (см. табл. 4). В ерниковой лесотундре он чаще всего измеряется десятками г/га. Наконец, в горной тундре истинный прирост минимален и составляет десятки доли г/га Al и Fe в год. В лишайниковой тундре на зеленую часть приходится 100 % биомассы, годового прироста и опада. При движении к ельнику-черничнику этот процент сокращается за счет увеличения древесной и корневой составляющих.

Выводы

В подведение итогов сказанному, подчеркнем, что соотношение форм Al и Fe в почвах разных вертикально-зональных ландшафтов изменяется мало. Концентрации форм Al убывают в ряду «обменный – оксалатрастворимый – органический – водорастворимый». Среди форм Fe в почвах на первом месте стоят оксалатрастворимые соединения, убывая далее к органическим формам (0,1н NaOH-экстракция), 1н KCl-растворимым и водорастворимым.

В большинстве растений отмечен рост содержания Al от горно-таежных к горно-лесотундровым и тундровым ландшафтам. Железо характеризует, зачастую, обратная ситуация. Это в значительной мере определяется характером рыхлых отложений, элювия коренных пород или морены, особенностями аэриального механического привноса вещества и самим характером растительности. Коэффициент биологического поглощения Al, в целом, растет от таежных ландшафтов к горно-тундровым за счет «пассивного» накопления этого элемента растениями. Содержание Al и Fe в биомассе, в годовом приросте и опаде увеличивается от лишайниковой тундры к ельнику-черничнику. Довольно большим содержанием Al отличается ерниковая лесотундра Луяврурта, что объясняется богатым составом растительности и наличием таких естественных аккумуляторов Al как лишайники. Истинный годовой прирост Al и Fe с растительностью закономерно уменьшается от ельника-черничника к лишайниковой тундре. Указанные факты говорят о существенной роли ландшафтно-геохимических составляющих в распределении и круговороте Al и Fe в растениях.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Базилевич Н. И. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР) / Н. И. Базилевич, Л. Е. Родин // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука, 1971. – С. 5-30.
2. Белоусова Н. И. Оксалатрастворимые соединения Al, Fe и Si в почвах холодных гумидных областей как функция выветривания / Н. И. Белоусова // Почвоведение. – № 1. – 2006. – С. 7-18.
3. Водяницкий Ю. Н. Соединения железа и их роль в охране почв / Ю. Н. Водяницкий // Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2010. – 282 с.
4. Ерошкина А. Н. Формы железа и их генетическое и агрономическое значение в почвах влажных субтропиков Западной Грузии. / Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук: защищена 22.01.75 : утв. 15.07.1975 / А. Н. Ерошкина. – М.: УДН им. П. Лумумбы, 1975. – 25 с.
5. Манаков К. Н. Элементы биологического круговорота в лесотундровых ландшафтах Кольского полуострова / К. Н. Манаков // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука, 1971. – С. 207-212.
6. Морозова Р. М. Актуальные проблемы биоразнообразия растительного и животного мира северной Фенноскандии и сопредельных территорий / Р. М. Морозова, Н. Г. Федорец, О. Н. Бахмет. – М.: КМК, 2005. – С. 186-192.
7. Никонов В. В. Почвообразование в Кольской субарктике / В. В. Никонов, В. Н. Переверзев. – Л.: Наука, 1989. – 168 с.
8. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М.: Астрель, 2000. – 768 с.
9. Пугачев А. А. Биологический круговорот и почвообразование в экосистемах горных тундр Крайнего Северо-Востока Азии / А. А. Пугачев, П. Е. Тихменев // Сибирский экологический журнал. – №5. – 2005. – С. 885-897.
10. Рябцева К. М. Геохимические особенности растительности высотных поясов Хибинских гор / К. М. Рябцева // Ученые записки МГПИ. Вопросы геохимии и геологии. – №261. – 1968. – С. 20-28.
11. Селиванова Д. А. Геохимия ландшафтов Приполярного и Северного Урала / Д. А. Селиванова, Д. В. Московченко // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А. И. Перельмана). Доклады Всероссийской научной конференции. Москва, 18-20 октября 2016 г. – М.: Географический факультет МГУ, 2016. – С. 492-497.
12. Семендяева Н. В. Методы исследования почв и почвенного покрова / Н. В. Семендяева, А. Н. Мармулев, Н. И. Добротворская. – Новосибирск: Издательство НГАУ, 2011. – 202 с.

13. Семенов В. А. Водорастворимые соединения алюминия и железа в почвах и поверхностных водах Хибин и Ловозерских тундр / В. А. Семенов, А. Е. Козаренко // Международный научно-исследовательский журнал. – №11-1(77). – 2018. – С. 86-90.

14. Семенов В. А. Особенности химического состава растений Хибин и Ловозерских тундр и интенсивность биологического поглощения / В. А. Семенов // Международный научно-исследовательский журнал. – №2-1(92). – 2020. – С. 141-145.

15. Чепурко Н. Л. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в лесных и тундровых сообществах Хибинских гор / Н. Л. Чепурко // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука, 1971. – С. 213-219.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bazilevich N. I. Produktivnost' i krugovorot elementov v estestvennyh i kul'turnyh fitocenozach (po materialam SSSR) [Productivity and the cycle of elements in natural and cultural phytocenoses (based on the materials of the USSR)] / N. I. Bazilevich, L. E. Rodin // Biologicheskaja produktivnost' i krugovorot himicheskikh elementov v rastitel'nyh soobshhestvakh [Biological productivity and the cycle of chemical elements in plant communities]. – L.: Nauka, 1971. – P. 5-30. [in Russian]

2. Belousova N. I. Oksalatorastvorimye soedineniya Al, Fe i Si v pochvah ho-lodnyh gumidnyh oblastej kak funkciya vyvetrivanija [Oxalate-soluble compounds of Al, Fe and Si in the soils of cold humid areas as a function of hypergenesis] / N. I. Belousova // Pochvovedenie [Soil science]. – № 1. – 2006. – P. 7-18. [in Russian]

3. Vodjanickij Ju. N. Soedineniya zheleza i ih rol' v ohrane pochv [Iron compounds and their role in the soil protection] / Ju. N. Vodjanickij // Trudy Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva [Writings of the V. V. Dokuchaev's Soil Institute]. – M.: Pochvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva, 2010. – 282 p. [in Russian]

4. Eroshkina A. N. Formy zheleza i ih geneticheskoe i agronomicheskoe znachenie v pochvah vlazhnyh subtropikov Zapadnoj Gruzii [Forms of iron and their genetic and agronomic significance in the soils of humid subtropics of Western Georgia]. / autoabstract ... of PhD in Agriculture : defense of the thesis 22.01.75: approved 15.07.1975 / A. N. Eroshkina. – M.: UDN im. P. Lumumby, 1975. – 25 p. [in Russian]

5. Manakov K. N. Elementy biologicheskogo krugovorota v lesotundrovyykh landschaftakh Kolskogo poluoostrova [Elements of the biological cycle in the forest-tundra landscapes of the Kola Peninsula] / K. N. Manakov // Biologicheskaya produktivnost' i krugovorot khimicheskikh elementov v rastitel'nykh soobshchestvakh [Biological productivity and circulation of the chemical elements in the plant communities]. – L.: Nauka, 1971. – P. 207-212. [in Russian]

6. Morozova R. M. Aktual'nye problemy bioraznoobrazija rastitel'nogo i zhivotnogo mira severnoj Fennoskandii i sopredel'nyh territorij [Actual problems of biodiversity of flora and fauna of northern Fennoscandia and adjacent territories] / R. M. Morozova, N. G. Fedorec, O. N. Bahmet. – M.: KMK, 2005. – P. 186-192. [in Russian]

7. Nikonov V. V. Pochvoobrazovanie v Kol'skoj subarktike [Soil formation in the Kola subarctic] / V. V. Nikonov, V. N. Pereverzev. – L.: Nauka, 1989. – 168 p. [in Russian]

8. Perelman A. I. Geochimiya landschafta [Geochemistry of the landscape] / A. I. Perelman, N. S. Kasimov – M.: Astreya, 2000. – 768 p. [in Russian]

9. Pugachev A. A. Biologicheskij krugovorot i pochvoobrazovanie v ekosistemah gornyykh tundr Krajnego Severo-Vostoka Azii [Biological cycle and soil formation in the ecosystems of mountain tundras of the Far North-east Asia region] / A. A. Pugachev, P. E. Tihmenev // Sibirskij jeologicheskij zhurnal [Siberian ecological journal]. – №5. – 2005. – P. 885-897. [in Russian]

10. Ryabtseva K. M. Geokhimicheskiye osobennosti rastitelnosti vysotnykh pojasov Khibinskikh gor [Geochemical features of the vegetation of the high-altitude zones of the Khibiny mountains] / K. M. Ryabtseva // Uchenye zapiski MGPI. Voprosy geokhimii i geologii [Scientific notes of Moscow state pedagogical Institute. Questions of Geochemistry and Geology]. – №261. – 1968. – P. 20-28. [in Russian]

11. Selivanova D. A. Geohimija landshaftov Pripol'jarnogo i Severnogo Urala [Geochemistry of the landscapes of the Circumpolar and Northern Urals] / D. A. Selivanova, D. V. Moskovchenko // Geohimija landshaftov (k 100-letiju A. I. Perel'mana). Doklady Vserossijskoj nauchnoj konferencii. Moskva, 18-20 oktjabrja 2016 g. [Geochemistry of the landscapes (to the 100th anniversary of A. I. Perelman). Reports of the All-Russian Scientific Conference. Moscow, October 18-20, 2016]. – M.: Geograficheskij fakul'tet MGU, 2016. – P. 492-497. [in Russian]

12. Semendjaeva N. V. Metody issledovanija pochv i pochvennogo pokrova [Methods of soils' and soil cover research] / N. V. Semendjaeva, A. N. Marmulev, N. I. Dobrotvorskaja. – Novosibirsk: Publishing house NGAU, 2011. – 202 p. [in Russian]

13. Semenov V. A. Vodorastvorimye soedineniya aljuminija i zheleza v pochvah i poverhnostnykh vodah Hibir i Lovozerских tundr [Water-soluble compounds of aluminum and iron in the soils and surface waters of the Khibiny and Lovozersky tundras] / V. A. Semenov, A. E. Kozarenko // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – №11-1(77). – 2018. – P. 86-90. [in Russian]

14. Semenov V. A. Osobennosti himicheskogo sostava rastenij Hibir i Lovozerских tundr i intensivnost' biologicheskogo pogloshhenija [Features of the chemical composition of the plants of the Khibiny and Lovozersky tundras and the intensity of biological absorption] / V. A. Semenov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – №2-1 (92). – 2020. – P. 141-145. [in Russian]

15. Чепурко Н. Л. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в лесных и тундровых сообществах Хибинских гор [Biological productivity and circulation of the chemical elements in the forest and tundra's communities of the Khibiny Mountains] / Н. Л. Чепурко // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах [Biological productivity and circulation of the chemical elements in the plant communities]. – Л.: Наука, 1971. – P. 213-219. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.017>**ОЦЕНКА ПЛОЩАДОК СОЛНЕЧНЫХ ФЕРМ МЕТОДАМИ МКА И МАИ
НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГИС**

Научная статья

Солиман Х.^{1,*}, Бурлов В.Г.²¹ ORCID: 0000-0003-2595-0646;^{1,2} Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (hassansoliman2233[at]gmail.com)

Аннотация

В этом исследовании будет рассмотрено использование метода многокритериального анализа и метода иерархического анализа, чтобы узнать пространственную пригодность участков солнечных энергетических ферм в провинции Тартус (Сирия) на основе технических, экономических и экологических перспектив. Результат исследования показал, что 8% изучаемой территории подходят для ферм солнечной энергии. Предложенная модель может быть использована для разработки политики, связанной с возобновляемыми источниками энергии, и оценки пригодности уже утвержденных проектов. Таким образом, чтобы создать эффективную систему, которая улучшает управление источниками солнечной энергии, в этом исследовании будут использоваться геоинформационные системы, начиная с создания базы данных, содержащей критерии, влияющие на эффективность ферм солнечной энергии (солнечная радиация, температура, цифровая модель рельефа, электрическая сеть, основные дороги, риски, землепользование и важные ориентиры), заканчивая отображением полученных результатов на картах.

Ключевые слова: ГИС (Геоинформационная система), Солнечные фермы, Метод Анализа Иерархий (МАИ), МногоКритериальный Анализ (МКА).

**AN ASSESSMENT OF SOLAR FARM SITES VIA MULTI-CRITERIA AND HIERARCHY ANALYSIS METHODS
BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

Research article

Soliman Kh.^{1,*}, Burlov V.G.²¹ ORCID: 0000-0003-2595-0646;^{1,2} Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (hassansoliman2233[at]gmail.com)

Abstract

This study examines the use of the multi-criteria analysis method and the hierarchical analysis method with the aim of identifying the spatial suitability of solar energy farm sites in Tartus province (Syria) based on technical, economic and environmental perspectives. The result of the study showed that 8% of the area is suitable for solar energy farms. The proposed model can be used to develop policies related to renewable energy sources and assess the suitability of already approved projects. For example, in order to create an effective system that improves the management of solar energy sources, the study uses geoinformation systems, starting with the creation of a database containing criteria that affect the efficiency of solar energy farms (solar radiation, temperature, digital terrain model, electrical network, main roads, risks, land use and important landmarks), and ending with the display of the results on maps.

Keywords: GIS (Geoinformation System), Solar farms, Hierarchy Analysis Method (MAI), Multi-criteria Analysis (MCA).

Введение

Солнечная энергия определяется как свет от солнца, в котором используются некоторые из самых передовых и традиционных технологий, такие как механические и оптические методы, для преобразования его в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических панелей или путем прямого нагрева, и этот процесс, в свою очередь, помогает решить множество энергетических проблем по всему миру.

Стоит отметить, что мир потребляет большое количество энергии каждый день, и, согласно статистике, в 1900 году было потреблено 10 миллионов баррелей, а в 2000 году - более 175 миллионов баррелей нефти, а мировое потребление нефти, по оценкам, увеличится до 400 миллионов баррелей в сутки в 2030 году, а это означает, что мир столкнется с большой проблемой в области энергоснабжения, особенно чистой энергии [1]. Было заключено несколько международных соглашений, в которых подчеркивается необходимость снижения рисков загрязнения земли токсинами и газами, чтобы предотвратить глобальное потепление [2].

Процесс создания и развития системы управления энергией, полученной из возобновляемых ресурсов, на основе геоинформационных систем основан на двух направлениях. Первое направление заключается в поиске наиболее подходящих математических методов для определения площадей для ферм возобновляемых источников энергии, например исследование, проведенное в Индии, где исследователи использовали анализ и функции, предоставляемые ГИС, чтобы найти подходящие земли для инвестиций в качестве ферм солнечной энергии [3]. Второе направление заключается в использовании методов, предоставляемых ГИС, для обеспечения безопасности передачи энергии от возобновляемых источников энергии потребителям [4], [5], а также в поиске математических методов моделирования человеческих решений в области управления безопасностью [6].

В текущей работе мы сосредоточимся на первом направлении и будем работать над использованием математической модели для поиска подходящих площадей для ферм солнечной энергии, и в будущей работе будут искать математические методы для обеспечения безопасности передачи электрической энергии от источников энергии.

Исходя из вышеизложенного, мы обнаруживаем, что геоинформационные системы предоставляют множество инструментов, которые способствуют процессу оптимального инвестирования в возобновляемые источники энергии, а

базы данных играют важную роль в сохранении данных, и для оптимального управления фермами, работающими на возобновляемых источниках энергии, требуются два типа данных. Первый это данные критериев, влияющих на энергетические фермы. Вторая - это взаимосвязь этих критериев друг с другом, поэтому в начале исследования было необходимо создать базу данных, содержащую все данные, а затем многокритериальный анализ (МКА) и аналитическая иерархия процесс (МАИ) были использованы для получения результата.

Методы и принципы исследования

Важность исследования обусловлена использованием геоинформационных систем для решения проблемы оценки земель, подходящих для инвестиций в сферу солнечной энергии, и разработки новой формулы, которая упрощает для лиц, принимающих решения, получение пространственной информации, связанной с фермами солнечной энергии с точки зрения местоположения и площади, а также помощь государственным органам в правильном планировании.

Для реализации вышеизложенного сначала будет создана база данных, содержащая все критерии, влияющие на расположение солнечных ферм, а затем будет использован метод иерархического анализа, чтобы присвоить каждому критерию вес, соизмеримый с его важностью.

Исследование было проведено в провинции Тартус которая образует южную часть западной набережной Сирии, его площадь оценивается в 1890 км². Тартус расположен на месте слияния долготы 35°52'30", Широта 33°30'30" [7].

В этом исследовании мы представим методологию применения оценки пригодности земли для инвестиций в области солнечной энергетики в соответствии с набором критериев с использованием алгебры карт. И применив предложенную методологию к провинции Тартус, в процессе отбора были приняты следующие условия:

- Низкий или ровный уклон, чтобы не увеличивается стоимость проекта в результате выравнивания земли (где коэффициент уклона более 15% вызывает увеличение затрат в результате операций, связанных с выемкой грунта и обратной засыпкой, поэтому в нашем исследовании будут исключены участки, которые имеют уклон более 15% [8]);

- ориентация (orientation) не в сторону северо-запада [9];

- Близость к основным дорогам и электрической сети (большие расстояния создают потребность в новых линиях электропередач и дорогах, что приводит к дополнительным затратам на проект [10]);

- Общее годовое значение солнечной радиации на территории, на которой планируется разместить солнечную электростанцию, должно быть не менее 1300 кВт ч / м² в год [11];

- Места со средней температурой ниже 10° и выше 20° следует исключить (повышение средней температуры в регионе приводит к снижению эффективности фотоэлектрических систем [12]);

- Землепользование: Установка энергетического проекта требует тщательной оценки имеющихся земель (бесплодные или редкорастущие, мозаика пахотных земель/луг, засушливые пастбища, пастбища и кустарники считаются «очень подходящими» категориями. Точно так же леса, вечнозеленые широколиственные леса, смешанные леса, снег или лед, лесистые водно-болотные угодья, сельскохозяйственные участки, городские и застроенные земли считаются неподходящими);

- Место, где скорость ветра превышает (25-30) метров в секунду, будут исключены (Высокая скорость ветра вызывает разрушение солнечных электростанций из-за того, что они состоят из широких панелей и отражателей [11]);

- Место далеко от воды и наводнений [11].

- Место для проектов солнечной энергетики должно находиться вдали от важных мест, таких как археологические памятники, военные районы и аэропорты.

И для достижения этих условий первым шагом в работе является построение базы данных для исследуемой территории, эти данные содержат описательные и пространственные данные и путем объединения слоев друг с другом по требуемым условиям получаем результат. В нашем исследовании слои были разделены на три группы (см. таблицу 1).

Таблицу 1 – Тип слоёв и критериев, использованные в исследовании

Слой	Критерий
Технические	Уклон (slope)
	Ориентация (orientation)
Экономические	Расстояния от электрической сети
	Расстояния от основных дорог
Экологические	Солнечное излучение (кВтч / м ² /год)
	Температура
	Землепользование
	Расстояния от важных областей
	Расстояние от слоя водотоков
	Скорости ветра

После завершения сбора данных следующим шагом является сбор слоев вместе с помощью многокритериального анализа (МКА). Процесс (МКА) зависит от присвоения веса каждому слою, участвующему в процессе пространственной алгебры, так что вес слоя отражает его важность, а принимаемые значения соответствуют определенной шкале от 0 до 100 по формулам (1):

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} (WiPi) \quad (1)$$

Где S – значение классификации на выходной карте, W_i – вес критерия, P_i – критерий оценки i -го фактора.

Но в процессы принятия решений, предубеждения будут влиять на решение без ведома лица, принимающего решения, и процесс аналитической иерархии (МАИ) помогает решить эту проблему. Где (МАИ) рассчитывает вес для каждого слоя таким образом, чтобы уменьшить предвзятость при принятии решения – объективное представление принятия решений от (МАИ) является основной причиной выбора этого метода для данного исследования. Процесс аналитической иерархии (МАИ) представляет собой теорию измерения с бинарными сравнениями и основан на мнениях экспертов для получения шкал приоритетов [13]. С помощью метода аналитической иерархии обсуждаются необходимые действия для взвешивания факторов воздействия системы с n -факторами воздействия. Согласно Саати, МАИ основан на четырех аксиомах: взаимности, однородности, синтезе и ожидании. Это позволяет оценивать критерии и подкритерии в упорядоченных шаблонах и позволяет присваивать вес критериям, задействованным для достижения определенной цели [14]. Для применения МАИ в любой ситуации необходимо последовательно выполнить три важных шага. Сначала необходимо определить цель, а затем иерархию критериев и подкритериев, которые в конечном итоге будут влиять на цель. Следующим шагом в (МАИ) является проведение попарных сравнений основного критерия и подкритериев, где исходные данные для парных сравнений исходят из мнений экспертов или лиц, принимающих решения, и присвоение им баллов по фундаментальной шкале, как это определено Саати [15], как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Значения оценок предпочтений по определению Саати

Интенсивность важности	Определение
1	Равное значение
3	Умеренная важность
5	Сильное значение
7	Очень большое значение
9	Чрезвычайная важность
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения

Основываясь на правилах (МАИ), семь экспертов с соответствующим опытом были запрошены высказать свое мнение, чтобы построить матрицу (10*10) для парных сравнений в **Мх** выборах солнечных ферм в соответствии с дискретной 9-балльной шкалой Саати (Таблица 2), как показано ниже (Таблица 3).

Таблица 3 – Матрица двойного сравнения по этим критериям

	Солнечное излучение	Уклон	Электрической сети	Землепользование	Температура	Основные дороги	Скорости ветра	Важные области	Водотоки	Ориентация
Солнечное излучение	1	2	3	2	5	4	4	5	4	5
Уклон	0,5	1	4	2	5	4	5	5	3	4
Электрической сети	0,33	0,25	1	2	4	5	5	4	3	4
Землепользование	0,5	0,5	0,5	1	5	4	5	5	5	5
Температура	0,2	0,2	0,25	0,2	1	2	2	2	2	2
Основные дороги	0,25	0,25	0,2	0,25	0,5	1	4	3	4	5
Скорости ветра	0,25	0,2	0,2	0,2	0,5	0,25	1	2	2	2
Важные области	0,2	0,2	0,25	0,2	0,5	0,33	0,5	1	2	2
Водотоки	0,25	0,33	0,33	0,2	0,5	0,25	0,5	0,5	1	2
Ориентация	0,2	0,25	0,25	0,2	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	1

Вовлечение оценок экспертов может привести к несоответствиям из-за человеческой ошибки, и поэтому Саати также разработал метод проверки уровня несогласованности, известный как коэффициент согласованности (CR), и сначала требует вычисления индекса согласованности (CI), как показано ниже (2):

$$CI = \left(\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \right) \quad (2)$$

Где CI – это отклонение согласованности, где λ_{max} – максимальное собственное значение, а n – размер матрицы ($n \times n$) при попарном сравнении. Это позволяет определять CR, который вычисляется путем деления CI на индекс случайной согласованности (RI). Значения RI для разного размера матрицы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Случайные значения индексов для разных размеров матриц при попарных сравнениях

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Значения CR ниже 0,10 или менее 10% являются приемлемыми, однако CR выше 0,10 указывает на серьезное несоответствие в суждениях экспертов, которое требует немедленной переоценки.

Результаты исследования

Система координат, используемая в работе: WGS_1984_UTM_Zone_37N (Universal Traverse Mercator and a Projection of Zone 37N).

Набор новых слоев, необходимых для анализа, был получен из исходных данных с помощью набора инструментов, предоставленных ArcMap:

1. Расстояние от слоя водотоки: сеть водотоков была выведена из цифровой высотной модели земли, затем был получен слой расстояний, где важность участка возрастает с увеличением расстояния от этих водотоков.

2. Слои уклона и ориентации были получены на основе цифровой модели рельефа местности с использованием алгоритмов геообработки, включенных в программу.

3. Слой расстояний и удалений от дорожной сети, электрической сети и важных участков, полученный с помощью инструмент «Евклидово расстояние», (Работа этого инструмента основана на теории Евклида, согласно которой кратчайшее расстояние между двумя точками – это отрезок прямой, и по этому правилу инструмент измеряет расстояние до всех ячеек от исходной ячейки, а затем выбирает ячейки, которые соответствуют условиям, заданным пользователем [16]).

Результаты, полученные с использованием слоев данных, используемых в качестве входных данных для исследования, были разделены на три группы (Техническая группа (Рисунок 1), Экологическая группа (Рисунок 2), Экономическая группа (Рисунок 3)).

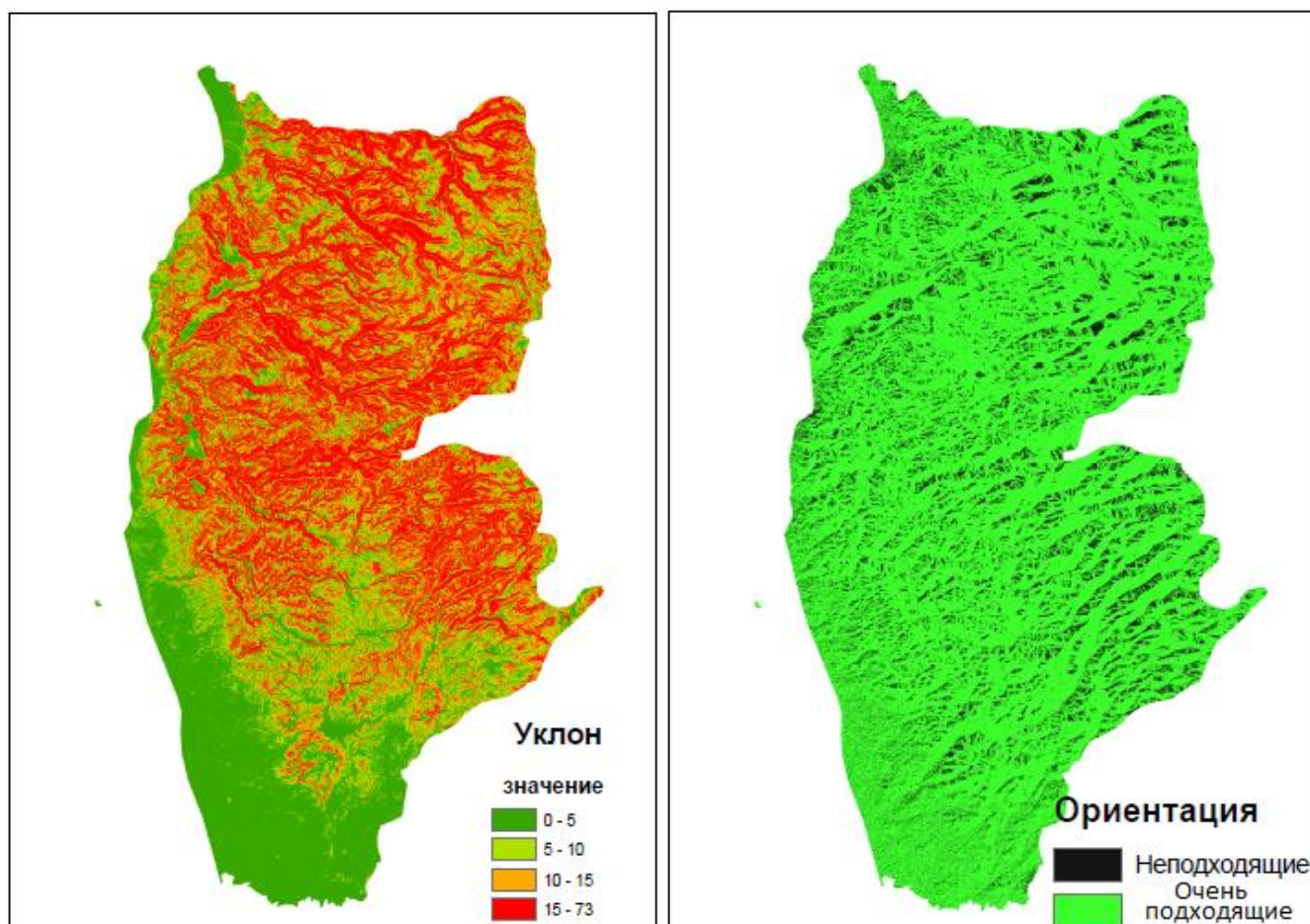


Рис. 1 – Техническая группа



Рис. 2.1 – Экологическая группа

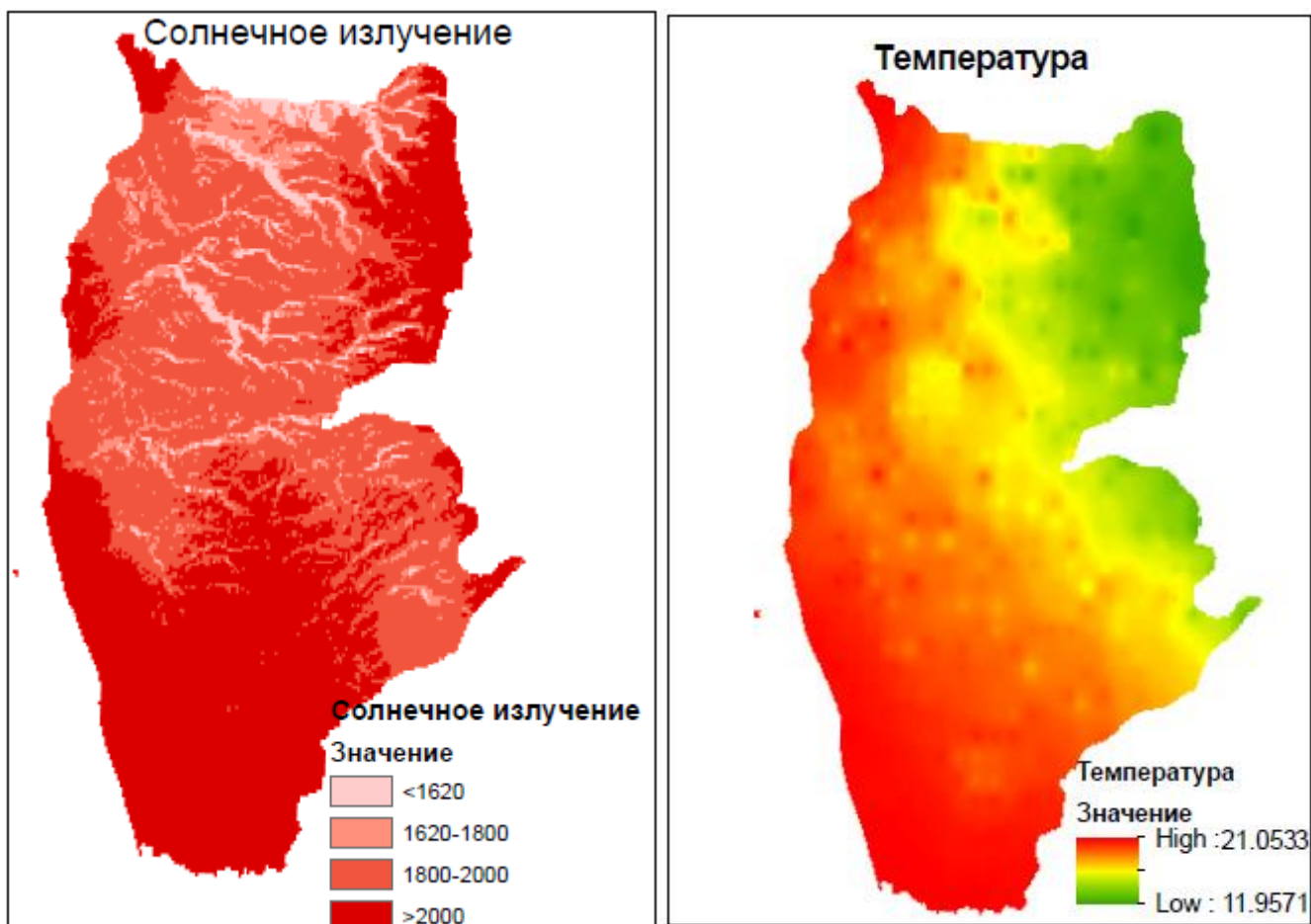


Рис. 2.2 – Экологическая группа

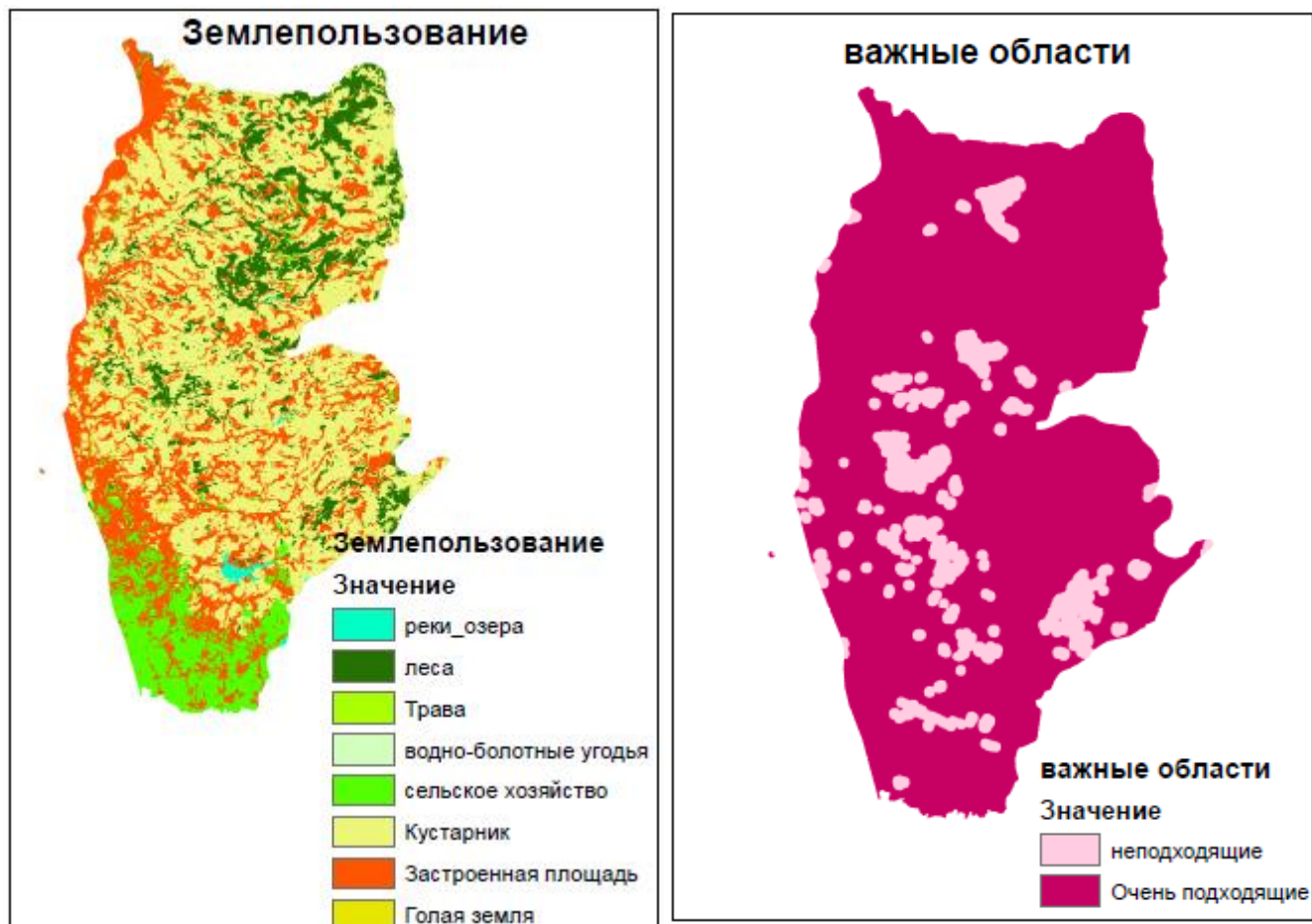


Рис. 2.3 – Экологическая группа

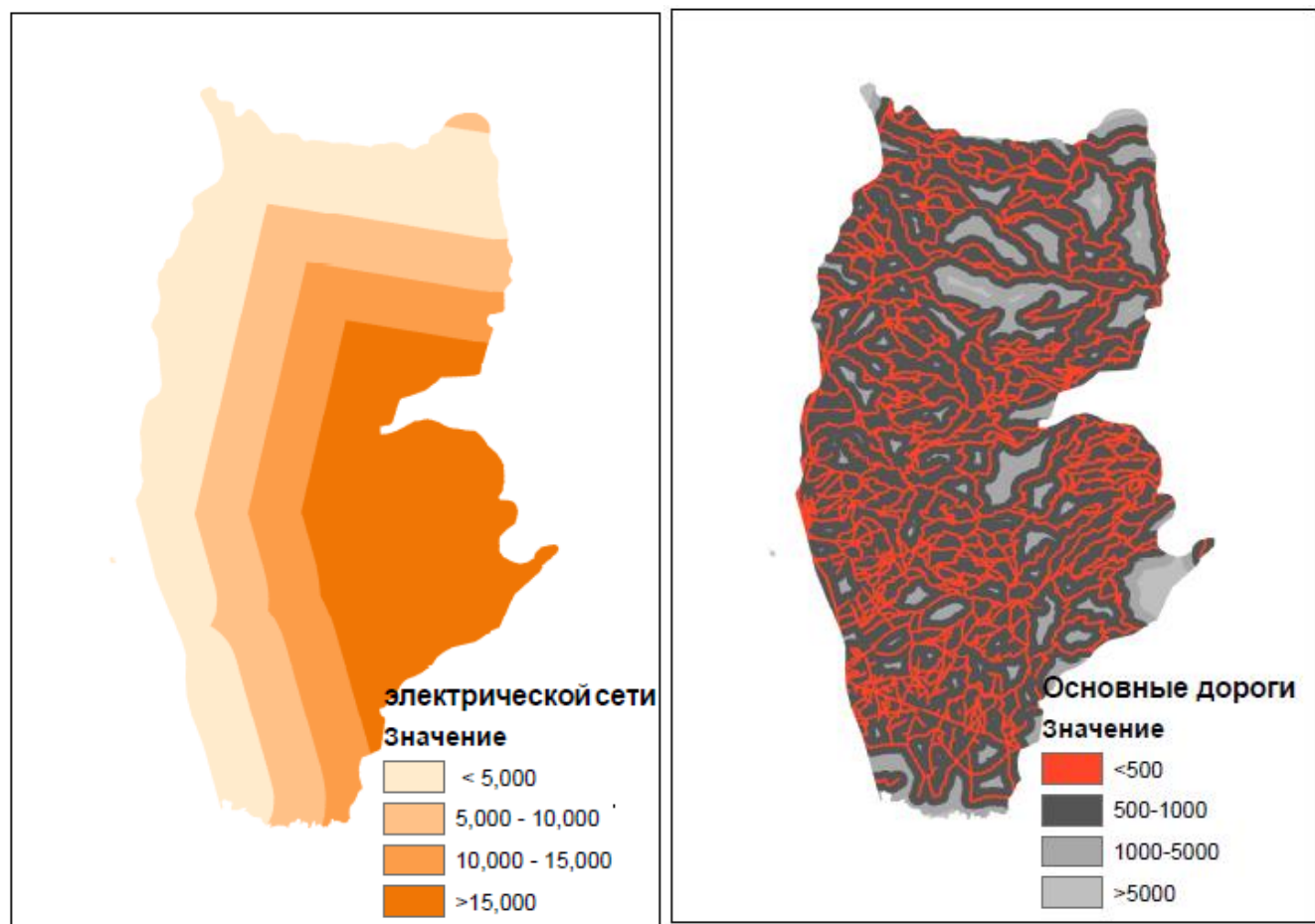


Рис. 3 – Экономическая группа

В результате аналитической иерархии процесса (МАИ) получаем веса для каждого слоя (Таблица 5).

Следует отметить, чтобы рассчитанные веса считались согласованными и пригодными для использования, коэффициент согласованности (Consistency Ratio) должен обеспечивать неравенство $CR < 0,1$ (В нашем исследовании у нас было $CR=8.7\%$).

Вкратце, выбор подходящего места для солнечных электростанций требует объединения всех предыдущих слоев и весов в единую карту, называемую составной картой. Составная карта подходящих мест для солнечных электростанций создается с использованием десяти взвешенных критериев в виде слоев. Участки в этих слоях делятся на четыре соответствующие категории (очень подходящие, средние подходящие, наименее подходящие и неподходящие) (таблица 5).

Таблица 5 – Реклассификация взвешенных критериев

Тип критерия	Критерий	Категории	Пригодность места	Вес, %
Технические	Уклон, %	0-5 5-10 10-15 > 15	Очень подходящие Средние подходящие Наименее подходящие Неподходящие	21,10
	Ориентация	Северо-западная Другая ориентация	Неподходящие Очень подходящие	2,60
Экономические	Расстояния от электрической сети, м	< 5000 5000-10000 10000-15000 > 15000	Очень подходящие Средние подходящие Наименее подходящие Неподходящие	15,10
	Расстояния от основных дорог, м	< 500 500-1000 1000-5000 > 5000	Очень подходящие Средние подходящие Наименее подходящие Неподходящие	7,10
Экологические	Солнечное излучение, кВтч / м ²	> 2000 2000-1800 1800-1600 < 1600	Очень подходящие Средние подходящие Наименее подходящие Неподходящие	22,90
	Температура	10°-20° Другие	Очень подходящие Неподходящие	5,50
	Землепользование	Запрещенные территории Другие	Неподходящие Очень подходящие	14,90
	Расстояния от важных областей, м	< 500 Другие	Неподходящие Очень подходящие	3,40
	Расстояния от водоток, м	< 500 Другие	Неподходящие Очень подходящие	3,40
	Скорость ветра, м/с	< 25 > 25	Очень подходящие Неподходящие	3,90

После проведения аналитической иерархии процесса и применения многокритериального анализа (МКА), были получены наиболее подходящие участки, которые можно использовать для создания ферм солнечной энергии, при этом было отмечено, что наиболее подходящие участки для полей солнечной энергии сосредоточены в районе, расположенном на юго-западе исследования. Эти участки высокой пригодности имеют общую площадь 157.29 квадратных километров, что является отличным показателем потенциала сбора солнечной энергии в регионе (см. рисунок 4).

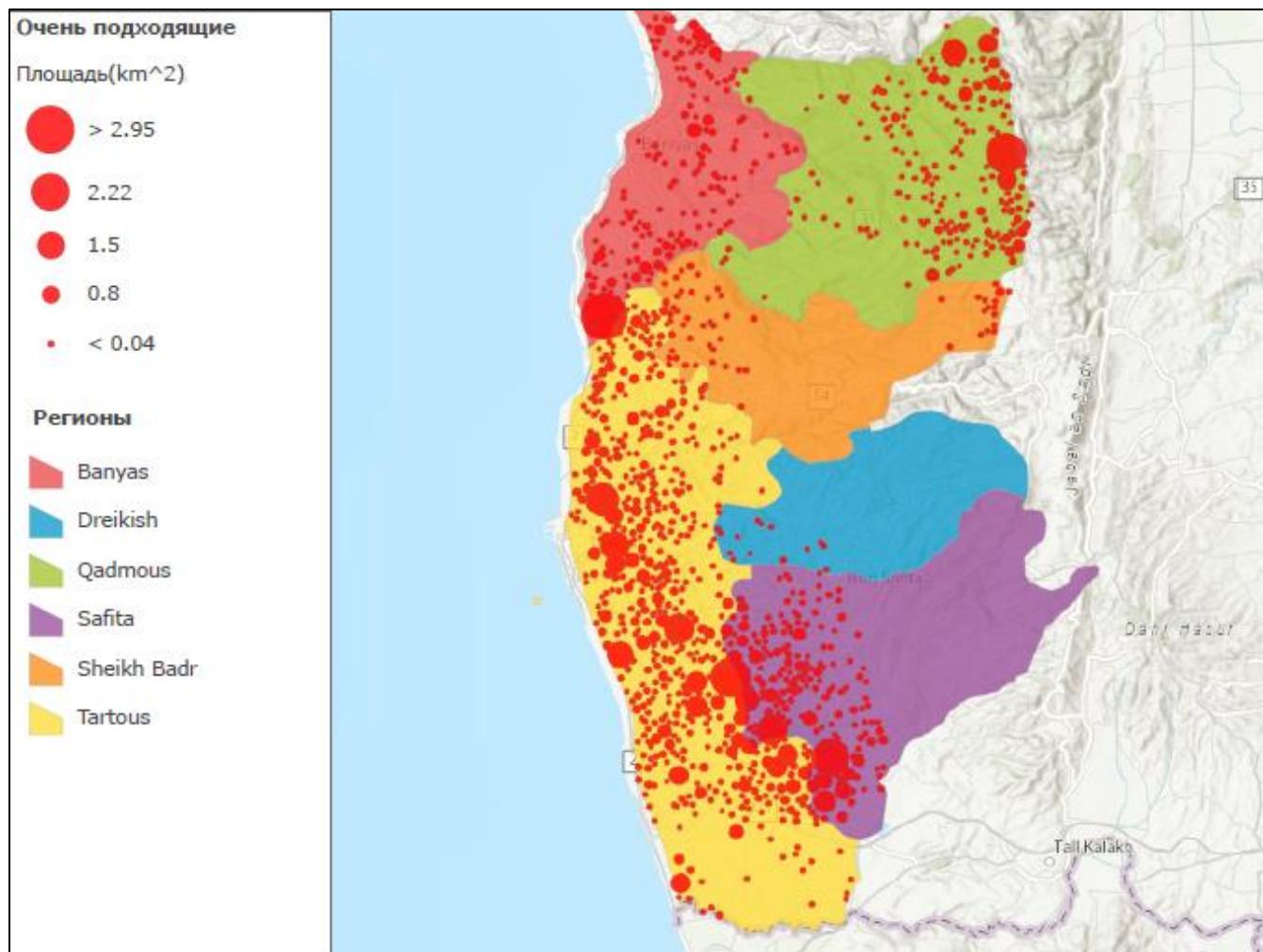


Рис. 4 – Расположение подходящих мест для ферм солнечной энергии

Для очень подходящих областей Земли вычисляются теоретические электрические потенциалы. Где теоретический энергетический потенциал зависит в основном от доступных фотоэлектрических технологий, доступных земельных площадей и требований завода в целом. Теоретический солнечный потенциал очень подходящих земельных участков может быть рассчитан на основе средней солнечной радиации на единицу площади в год, очень подходящей земельной площади и эффективности солнечных элементов (Таблица 6). Уравнение (3) можно использовать для расчета теоретического потенциала электрической энергии [3], [17], [18], [20].

$$TSPP = SR \times CA \times AF \times \eta \quad (3)$$

Где TSPP - теоретический потенциал энергии, SR - средняя интенсивность солнечного излучения (кВтч / м² / год), CA - общая выбранная высоко подходящая площадь земли (км²), AF - коэффициент площади (%), а η - эффективность система преобразования солнечной энергии (%). Здесь коэффициент площади указывает максимальную площадь земли, покрытую фотоэлектрическими панелями с минимальным эффектом затенения. Фактор площади взят равным 70% из предыдущих исследований [12,14]. В исследовании рассматривалась интенсивность солнечного излучения как 1800 (кВт ч / м² / год), что является минимальным значением для категории очень подходящих земель.

Таблица 6 – Теоретический энергетический потенциал

Производитель	Фотоэлектрический модуль	Эффективность (%)	Теоретический потенциал энергии (ГВт ч/ год)
Canadian Solar	CS6Xe320P	16,68	33057,32
EMMVEE	E320P72	16,41	32522,22
TATA Solar Power	TP-300	16,4	32502,41
WAAREE	WS-320	16,49	32680,77

Вывод

Целью исследовательской работы является оценка подходящих участков в провинции Тартус для солнечных ферм. Оценка подходящих участков для солнечных ферм является важным и необходимым шагом для правильного

использования потенциала солнечной энергии. Комбинация подходов GIS и МКА использовалась для определения подходящих участков для солнечной энергии с учетом технических, экологических и экономических аспектов, и исследование показало, что 8% (157.29 км²) общей площади «очень подходят».

Текущая исследовательская работа помогает правильно использовать существующие энергетические ресурсы и инфраструктуру для удовлетворения энергетических потребностей страны при одновременном сохранении окружающей среды.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Tadros M. T. Y. Estimation of the Global Horizontal Solar Radiation in Iraq / M. T. Y. Tadros, M. A. M. Mustafa, M. Abdel-Wahab // *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 4, Issue 8, 2014 – Pages 587 –605.
2. The Arab Republic of Egypt: Initial National Communication on Climate Change // UNFCCC Sites and platforms, 2018. – [Electronic resource]. URL: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR%20Egypt%20EN.pdf> (accessed: 21.10.2021).
3. Saraswat, S. K. MCDM and GIS based modelling technique for assessment of solar and wind farm locations in India / S. K. Saraswat, A. K. Digalwar, S. S. Yadav // *Renewable Energy*, 169, 2021– Pages 865-884.
4. Бурлов В.Г. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах / В.Г. Бурлов, А.В. Матвеев // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2012. № 3 (23). С. 1-13.
5. Жуков А.О. К вопросу стратегического планирования развития наукоемких предприятий / А.О. Жуков, В.Г. Бурлов, У.А. Пестун // *Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы Восемнадцатого всероссийского симпозиума / Под редакцией Г.Б. Клейнера*. 2017. С. 935-939.
6. Burlov V. Mathematical model of human decision - a methodological basis for the realization of the human factor in safety management. / V. Burlov, A. Andreev, F. Gomazov // *Procedia Computer Science. Postproceedings of the 9th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2018*. 2018. С. 112-117.
7. Tartous province [Electronic resource]. – URL: <https://clck.ru/b2tGP> (accessed: 4-11-2021).
8. Guaita-Pradas, I. Analyzing territory for the sustainable development of solar photovoltaic power using GIS databases / I. Guaita-Pradas, I. Marques-Perez, A. Gallego, et al. // *Environmental monitoring and assessment*, 191(12), 2019 – Pages 1-17.
9. Tunc, A. Gis Based Solar Power Plants Site Selection Using Analytic Hierarchy Process (Ahp) In Istanbul, Turkey / A. Tunc, G. Tuncay, Z. Alacakanat, et al. // *International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2019 – Pages 1353-1360.
10. Dawod, G. Optimum sites for solar energy harvesting in Egypt based on multi-criteria GIS / G. Dawod, M. S. Mandoer // *In the first Future University international conference on new energy and environmental engineering*, 2016 – Pages 450 - 456.
11. Uyan, M. GIS-Supported mapping of solar power plant sites using AHP method / M. Uyan, // *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 2017, 23(4), – Pages 343-351.
12. Skoplaki, E. A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting / E. Skoplaki, A. G. Boudouvis, J. A. Palyvos // *Solar energy materials and solar cells*, 2008, 92(11), – Pages 1393-1402.
13. Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process / T. L. Saaty, // *International journal of services sciences*, 2008, 1(1), – Pages 83-98.
14. Jangid, J. Potential zones identification for harvesting wind energy resources in desert region of India–A multi criteria evaluation approach using remote sensing and GIS / J. Jangid, A. K. Bera, M. Joseph, et al. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 65, – Page 1-10.
15. Saaty, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process / T. L. Saaty // *Interfaces*, 1994, 24(6) – P.19-43.
16. Euclidean Distance // *Environmental Systems Research Institute*, 2016. – [Electronic resource] URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/euclidean-distance.htm> (accessed: 15-10-2021).
17. Dhunny, A. Z. Identification of optimal wind, solar and hybrid wind-solar farming sites using fuzzy logic modelling / A. Z. Dhunny, J. R. S. Doorga, Z. Allam, // *Energy*, 2019, 188, – P.116056.
18. Charabi, Y. PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation / Y. Charabi, A. Gastli, // *Renewable Energy*, 2011, 36(9), – P.2554-2561.
19. Asakereh, A. A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran / A. Asakereh, M. Soleymani, M. J. Sheikhdavoodi, // *Solar Energy*, 2017, 155, – P. 342-353.
20. Doorga, J. R. S. High resolution spatio-temporal modelling of solar photovoltaic potential for tropical islands: Case of Mauritius / J. R. S. Doorga, S. D. Rughooputh, R. Boojhawon, // *Energy*, 2019, 169, – P. 972-987.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tadros M. T. Y. Estimation of the Global Horizontal Solar Radiation in Iraq / M. T. Y. Tadros, M. A. M. Mustafa, M. Abdel-Wahab // *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 4, Issue 8, 2014 – P. 587 –605.
2. The Arab Republic of Egypt: Initial National Communication on Climate Change // UNFCCC Sites and platforms, 2018. – [Electronic resource]. URL: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR%20Egypt%20EN.pdf> (accessed: 21.10.2021).
3. Saraswat, S. K. MCDM and GIS based modelling technique for assessment of solar and wind farm locations in India / S. K. Saraswat, A. K. Digalwar, S. S. Yadav // *Renewable Energy*, 169, 2021– Pages 865-884.
4. Burlov V.G. Osnovy teorii sinteza oblika sistemy obespecheniya bezopasnosti i sposobov ee funkcionirovaniya na potencial'no opasnykh ob'ektakh [Fundamentals of the theory of synthesis of the appearance of the security system and ways of its

functioning at potentially dangerous objects] / V.G. Burlov, A.V. Matveev // Problemy upravlenija riskami v tehnosfere [Problems of risk management in the technosphere]. 2012. No. 3 (23). pp. 1-13. [in Russian]

5. Zhukov A.O. K voprosu strategicheskogo planirovaniya razvitija naukoemkih predpriyatij [On the issue of strategic planning for the development of high-tech enterprises] / A.O. Zhukov, V.G. Burlov, U.A. Pestun // Strategicheskoe planirovanie i razvitie predpriyatij. Materialy Vosemnadcatogo vserossijskogo simpoziuma [Strategic planning and development of enterprises. Materials of the Eighteenth All-Russian Symposium] / Edited by G.B. Kleiner. 2017. pp. 935-939. [in Russian]

6. Burlov V. Mathematical model of human decision - a methodological basis for the realization of the human factor in safety management. / V. Burlov, A. Andreev, F. Gomazov // Procedia Computer Science. Postproceedings of the 9th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2018. 2018. C. 112-117.

7. Tartous province [Electronic resource]. – URL: <https://clck.ru/b2tGP> (accessed: 4-11-2021).

8. Guaita-Pradas, I. Analyzing territory for the sustainable development of solar photovoltaic power using GIS databases / I. Guaita-Pradas, I. Marques-Perez, A. Gallego, et al. // Environmental monitoring and assessment, 191(12), 2019 – Pages 1-17.

9. Tunc, A. Gis Based Solar Power Plants Site Selection Using Analytic Hierarchy Process (Ahp) In Istanbul, Turkey / A. Tunc, G. Tuncay, Z. Alacakanat, et al. // International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 2019 – Pages 1353-1360.

10. Dawod, G. Optimum sites for solar energy harvesting in Egypt based on multi-criteria GIS / G. Dawod, M. S. Mandoer // In the first Future University international conference on new energy and environmental engineering, 2016 – Pages 450 - 456.

11. Uyan, M. GIS-Supported mapping of solar power plant sites using AHP method / M. Uyan, // Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 2017, 23(4), – Pages 343-351.

12. Skoplaki, E. A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting / E. Skoplaki, A. G. Boudouvis, J. A. Palyvos // Solar energy materials and solar cells, 2008, 92(11), – Pages 1393-1402.

13. Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process / T. L. Saaty, // International journal of services sciences, 2008, 1(1), – Pages 83-98.

14. Jangid, J. Potential zones identification for harvesting wind energy resources in desert region of India—A multi criteria evaluation approach using remote sensing and GIS / J. Jangid, A. K Bera, M. Joseph, et al. // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 65, – Page 1-10.

15. Saaty, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process / T. L. Saaty // Interfaces, 1994, 24(6) – P.19-43.

16. Euclidean Distance // Environmental Systems Research Institute, 2016. – [Electronic resource] URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/euclidean-distance.htm> (accessed: 15-10-2021).

17. Dhunny, A. Z. Identification of optimal wind, solar and hybrid wind-solar farming sites using fuzzy logic modelling / A. Z. Dhunny, J. R. S. Doorga, Z. Allam, // Energy, 2019, 188, – P.116056.

18. Charabi, Y. PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation / Y. Charabi, A. Gastli, // Renewable Energy, 2011, 36(9), – P.2554-2561.

19. Asakereh, A. A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran / A. Asakereh, M. Soleymani, M. J. Sheikhdavoodi, // Solar Energy, 2017, 155, – P. 342-353.

20. Doorga, J. R. S. High resolution spatio-temporal modelling of solar photovoltaic potential for tropical islands: Case of Mauritius / J. R. S. Doorga, S. D. Rughooputh, R. Boojhawon, // Energy, 2019, 169, – P. 972-987.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.018>**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Научная статья

Абдулаев С.С.^{1,*}, Эсхаджиева Х.Х.²^{1,2} Чеченский государственный университет, Грозный, Россия

* Корреспондирующий автор (Salakh1996[at]bk.ru)

Аннотация

В настоящей работе представлены исследования по возможности использования льняной муки в различных соотношениях в качестве заменителя пшеничной муки в производстве кондитерских изделий. Известно, что кондитерские изделия обладают низким уровнем содержания минеральных веществ, витаминов, белков, пищевых волокон, а также имеют невысокий уровень биологической ценности. В связи с этим в данной статье рассматривается возможности повышения пищевой и биологической ценности печений путем использования льняной муки в различных соотношениях. Лен как сельскохозяйственная культура имеет богатый химический состав, в том числе и по содержанию масла, количество белка в семенах льна могут достигать 40% в зависимости от технологии и зоны возделывания, что делает ее перспективной культурой для использования в пищевой промышленности, в частности, в производстве кондитерских изделий.

Ключевые слова: сахарное печенье, льняная мука, пищевая ценность, биологическая ценность.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF FLAXSEED FLOUR IN THE PRODUCTION OF CONFECTIONERY

Research article

Abdulaev S.S.^{1,*}, Eskhadzhieva Kh.Kh.²^{1,2} Chechen State University, Grozny, Russia

* Corresponding author (Salakh1996[at]bk.ru)

Abstract

The current article presents studies on the possibility of using flax flour in various ratios as a substitute for wheat flour in the production of confectionery. It is a known fact that confectionery products have a low content of minerals, vitamins, proteins, dietary fibers, and also have a low level of biological value. In this regard, this article discusses the possibilities of increasing the nutritional and biological value of cookies by using flaxseed flour in various ratios. As an agricultural crop, flax has a rich chemical composition, including oil content, the amount of protein in flax seeds can reach 40%, depending on the technology and cultivation zone, which makes it a promising crop for use in the food industry, especially in the production of confectionery.

Keywords: sugar cookies, flaxseed flour, nutritional value, biological value.

По своим свойствам мучные кондитерские изделия имеют ряд преимуществ: обладают отличными органолептическими свойствами: насыщенный аромат, приятный вкус и т.д., а также недостатков: низкий уровень минеральных веществ, витаминов, белков, пищевых волокон, а также имеют невысокий уровень биологической ценности. Однако на данный момент существует большое количество способов позволяющих повысить данные характеристики (2).

Ауэрман Л.Я. отмечает следующее: «Одним из самых распространенных способов повышения пищевой ценности мучных изделий является добавление в процессе готовки мучного изделия натуральных компонентов растительного происхождения, которые содержат в своем составе биологически активные вещества, что позволяют повысить в общем составе количество биологически активных веществ» [11].

Целью данной работы является – практическое обоснование применения льняной муки в производстве мучных изделий.

Задачи:

- Выявить специфику химического состава льняной муки;
- Изучить сферу применения льняной муки в кондитерском производстве;
- Предложить модель технологии изготовления печений с использованием переработки продуктов семян льна;
- Проанализировать степень воздействия льняной муки на физико-химические и органолептические параметры кондитерского изделия.

В мучные кондитерские изделия включают: сушки, сухари, рулеты, пряники, торты, пирожные, кексы, сдоба мелкоштучная, вафли, а также различные виды печенья. Годовой объем потребления мучных кондитерских изделий в России составляет 1 млн. тонн продукции, из которых 70 тыс. тонн мучных изделий отправляется на импорт.

Объект исследования печенье «Сахарное» из пшеничной муки первого сорта (контрольный образец) и опытные образцы с введением в рецептуру льняной муки (за счёт пшеничной) в количестве: 20; 40; 60 и 80

Таблица 1 – Исследуемая рецептура изделия

Наименование образца	Сахарное печенье с добавлением льняной муки в количестве %
Образец 1 (контроль)	-
Образец 2	20
Образец 3	40
Образец 4	60
Образец 5	80

Льняную муку получили из льняного семени сорта ЛМ-98. Химический состав муки: массовая доля жира составляет 40,9%, массовая доля белка составила 22,6%, влаги составила значение 5,8%. В технологию получения рассматриваемой муки входит очистка льняных семян от примесей, последующая сушка, а также их измельчение.

Таблица 2 – Органолептические показатели печенья с льняной мукой

Показатель качества	№ образца/содержание льняной муки, %				
	1/0 (контроль)	2/20	3/40	4/60	5/80
Форма	правильная	правильная	правильная	правильная	правильная
Подъем	небольшой	небольшой	хороший	хороший	неравномерный
Деформация	нет	нет	нет	нет	нет
Поверхность	гладкая, равномерно окрашенная, без трещин	очень гладкая без трещин.	слегка шероховатая, без трещин	гладкая, без трещин, равномерно окрашенная	очень гладкая, равномерно окрашенная
Вид на изломе: пористость; следы непромеса	мелкая нет	мелкая нет	мелкая нет	мелкая нет	мелкая нет

Анализируя результаты органолептических исследований, приведенные в таблице 2, можно констатировать, что с увеличением в составе печенья количества необезжиренной льняной муки усиливается ореховый привкус, печенье становится мягким и более маслянистым по консистенции за счет содержащихся в льняной муке липидов. Цвет исследованных образцов также отличается от контрольных, изготовленных по традиционной рецептуре только из пшеничной муки, без добавления льняной. С повышением количества льняной муки в мучной смеси, цвет готового изделия становится все более насыщенно желтым вплоть до появления коричневых оттенков в образцах с 40%-ной концентрацией. Это объясняется тем, что по сравнению с пшеничной мукой, в льняной содержится большее количество темных пигментов. Кроме того, содержащиеся в льняной муке азотистые вещества и различные сахара при термической обработке способствуют образованию меланоидинов, которые придают изделию более темный цвет.

С увеличением концентрации льняной муки в мучной смеси в готовых образцах снижаются такие показатели, как влажность и намокаемость, тогда как массовая доля жира и белка соответственно увеличивается. При этом щелочность оказывается несколько ниже контрольных образцов, но зависимости от концентрации льняной муки не показывает. Подобные результаты объясняются тем, что с увеличением количества липидов, свойственных льняной муке, гидрофобность теста возрастает, поэтому влажность и намокаемость готовых изделий закономерно снижаются. Увеличение содержания белка и жиров в экспериментальных образцах по сравнению с контрольным в среднем в 1,5 и 2,5 раза соответственно также объясняется повышенным содержанием этих веществ в льняной муке по сравнению с пшеничной.

Содержание таких компонентов, как белки, жиры, клетчатка с введением 40 и 60% льняной муки значительно увеличилось, в то время как содержание легкоусваиваемых углеводов – уменьшилось. В экспериментальных образцах возросло количество витаминов, макро- и микроэлементов: витаминов В1 и В2, железа, кальция, магния, калия, фосфора. При общем увеличении массовой доли биологически ценных компонентов, энергетическая ценность продукта даже снизилась, что свидетельствует о большей биологической функциональности опытных образцов по сравнению с контрольными. Иными словами, введение льняной муки в традиционную рецептуру сахарного печенья позволяет улучшить его биологическую и пищевую ценность при этом снизив его калорийность. Изготовленное по предложенной рецептуре сахарное печенье способно удовлетворить суточную потребность организма человека в белках в среднем на 40%, жирах – на 8, клетчатке – на 90%. Содержание калия, кальция и железа в опытных образцах показало превышение суточной потребности организма в среднем на 21, 32 и 41% соответственно. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что разработанные образцы печенья соответствуют стандартам функционального питания и могут быть рекомендованы для массового производства.

Экономическое обоснование использования льняной муки в производстве печений

В нашем исследовании были выведены экономические показатели производства и рентабельности данного продукта с учетом ценовой политики и количеством используемого сырья в процессе производства. Полученные результаты показатели мы отразили в таблице 3.

Таблица 3 – Экономические показатели процесса производства образцов печенья с различным содержанием льняной муки

Образец	Итоговая сумма затрат на 1 т.продукции	% надбавки	Отпускная цена, за 1 т продукции	Прибыль, руб.
1/0 (контроль)	40,336	15	46,732	6,396
2/20	42,551	25	53,488	10,937
3/40	44,397	34	59,632	15,235
4/60	46,392	42	66,016	19,624
5/80	48,407	46	71,128	22,721

Примечание: расчет показателей рассчитывался без учета затрат на оплату рабочим

При анализе данных показателей мы можем отметить следующее при производстве образцов, отличавшиеся наилучшими результатами на 1 т продукции с 40% содержанием льняной муки прибыль будет около 9,9 руб. на 1 тонну около 9,938. На производство продукции с 60% содержанием льняной муки 11 руб. прибыль на 1 кг продукции, и на 1 тонну 11002.

Из вышеизложенного можно заключить, что кондитерские изделия, в частности, печенье, изготовленной с добавлением льняной муки, обладают высокими органолептическими, физико-химическими и эксплуатационными характеристиками и могут быть рекомендованы для массового производства.

Выводы и предложения

1. По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что использование льняной муки в рецептуре изготовления сахарного печенья позволяет получить ценный в пищевом и биологическом отношении высококачественный продукт с улучшенными органолептическими характеристиками, обогащенный биологически активными веществами, устойчивый в процессе хранения.
2. Разработана оптимальная рецептура сахарного печенья с добавлением льняной муки, учитывающая технологические особенности использования этого вида сырья.
3. В ходе эксперимента была использована традиционная рецептура сахарного печенья, в которую последовательно вносились изменения, а именно вместо чисто пшеничной использовалась смесь пшеничной и необезжиренной льняной муки в следующих соотношениях: 1 : 4, 2 : 3, 3 : 2, 4 : 1, то есть с процентным содержанием льняной муки в смеси 20, 40, 60 и 80 соответственно.
4. Путем расчета биологической ценности и биологической эффективности льняной муки выявлено, что она содержит белок и ПНЖК в функционально значимых количествах.
5. Использование льняной муки повышает биологическую и пищевую ценность продукта, обогащая его белками, жирами, витаминами и минеральными веществами. При этом калорийность продукта снижается.
6. Употребление печенья, изготовленного с добавлением 60% льняной удовлетворяет суточную потребность организма в белках в среднем на 40%, жирах – на 8, клетчатке – на 90%.
7. Установлено, что по содержанию белка и ПНЖК разработанное изделие относится к классу «функциональных» продуктов.
8. Печенье, изготовленное с добавлением льняной муки обладает лучшими суммарными показателями качества кондитерских изделий по сравнению с сахарным печеньем, изготовленным по традиционной рецептуре на основе пшеничной хлебопекарной муки первого сорта.
9. На основе вышеизложенного, можно утверждать, что задачи, поставленные в работе, решены в полном объеме, а цель достигнута.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Агзамова Л.И. Производство мучного кондитерского изделия повышенной пищевой ценности / Л.И. Агзамова, З.Ш. Мингалеева, С.В. Борисова и др. // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 11. С. 264-268.
2. Белявская И.Г. Льняная мука - источник антиоксидантов в хлебобулочных изделиях для здорового питания / И.Г. Белявская, Т.Г. Богатырева, Т.А. Юдина и др. // Пищевая промышленность. 2015. № 4. С. 32-34.
3. Бурцева Е.И. Льняная мука как перспективное сырье для пищевой промышленности / Е.И. Бурцева, А.С. Орехова, Д.Г. Рязанцев // Научные записки ОрелГИЭТ. 2014. № 1 (9). С. 396-400.
4. Голубев, В.Н. Пищевая биотехнология / В.Н. Голубев, И.Н. Жиганов -М.: ДеЛи принт, 2001. - 123 с
5. ГОСТ 5667-65 Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора проб образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. - М.: Стандартинформ, 2006. - 5 с.
6. Низова, Г.К. Изучение генетической коллекции льна на качество масла / Г.К. Низова, Н.Б. Брач // Аграрная Россия — М.: Изд-во ФОЛИУМ.-2010.- №1
7. Панкрушина, А.Н. Биотехнологическое получение льняного белка / А.Н. Панкрушина, П.М. Пахомов, А.Л. Григорьева и др. // Биотехнология: состояние и перспективы развития. М., 2005, Ч.1. С. 357-358.
8. Тырлова, О.Ю. Разработка технологии безглютеновых полуфабрикатов в тесте с использованием полубезжиренной льняной муки / О.Ю. Тырлова. 2018 с. 5-6.
9. Киреева, М. С. Функционально-технологические свойства семян льна и разработка технологии мучных кондитерских изделий специализированного назначения на их основе / М. С. Киреева. 2014. С. 45-47.

10. Миневи́ч, И. Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов / И. Э. Миневи́ч. 2009. С. 22-23.

11. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. — 9-е. — СПб.: Профессия, 2005. — 416 с. — ISBN 5-93913-032-1.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Agzamova L.I. Proizvodstvo muchnogo konditerskogo izdelija povyshennoj pishhevoj cennosti [Production of flour confectionery of increased nutritional value] / L. I. Agzamova, Z. Sh. Mingaleeva, S. V. Borisova, et al. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. 2010. № 11, pp. 264-268 [in Russian]

2. Belyavskaya I.G. L'njanaja muka - istochnik antioksidantov v khlebobulochnykh izdelijakh dlja zdorovogo pitaniya [Flaxseed flour is a source of antioxidants in bakery products for a healthy diet] / I. G. Belyavskaya, T. G. Bogatyreva, T. A. Yudina // Pishhevaja promyshlennost' [Food industry]. 2015. № 4, pp. 32-34 [in Russian]

3. Burtseva E.I. L'njanaja muka kak perspektivnoe syr'e dlja pishhevoj promyshlennosti [Flax flour as a promising raw material for the food industry] / E. I. Burtseva, A. S. Orekhova, D. G. Ryazantsev // [Scientific Journal of OrelSIET]. 2014. № 1 (9), pp. 396-400 [in Russian]

4. Golubev, V.N. Pishhevaja biotekhnologija [Food biotechnology] / V.N. Golubev, I.N. Zhiganov -M.: DeLi print, 2001. - 123 p. [in Russian]

5. GOST 5667-65 Khleb i khlebobulochnye izdelija. Pravila priemki, metody otbora prob obrazcov, metody opredelenija organolepticheskikh pokazatelej i massy izdelij [Bread and bakery products. Acceptance rules, sampling methods, methods for determining organoleptic parameters and mass of products]. - M.: Standartinform, 2006. - 5 p. [in Russian]

6. Nizova, G.K. Izuchenie geneticheskoy kollekcii l'na na kachestvo masla [The study of the genetic collection of flax on the quality of oil] / G.K. Nizova, N.B. Brach // Agrarnaja Rossiya [Agrarian Russia] - M.: FOLIUM.-2010.- No.1 [in Russian]

7. Pankrushina, A.N. Biotekhnologicheskoe poluchenie l'nanogo belka [Biotechnological production of flax protein] / A.N. Pankrushina, P.M. Pakhomov, A.L. Grigorieva et al. // Biotekhnologija: sostojanie i perspektivy razvitiya [Biotechnology: state and prospects of development]. Moscow, 2005, Part 1, pp. 357-358 [in Russian]

8. Tyrlova, O.Yu. Razrabotka tekhnologii bezglutenovykh polufabrikatov v teste s ispol'zovaniem poluobezzhirennoj l'nanoy muki [Development of technology for gluten-free semi-finished products in dough using semi-skimmed flaxseed flour]: Extended abstract of Candidate's thesis. Engineering / O. Yu. Tyrlova. 2018, pp. 5-6 [in Russian]

9. Kireeva, M. S. Funkcional'no-tekhnologicheskie svoystva semjan l'na i razrabotka tekhnologii muchnykh konditerskikh izdelij specializirovannogo naznacheniya na ikh osnove [Functional and technological properties of flax seeds and the development of technology of flour confectionery products for specialized purposes based on them]: Candidate's thesis / M. S. Kireeva. 2014, pp. 45-47 [in Russian]

10. Minevich, I. E. Razrabotka tekhnologicheskikh reshenij pererabotki semjan l'na dlja sozdaniya funkcional'nykh pishhevykh produktov [Development of technological solutions for processing flax seeds to create functional food products]: Candidate's thesis / I. E. Minevich. 2009, pp. 22-23 [in Russian]

11. Auerman L. Ya. Tehnologija hlebopekarnogo proizvodstva [Technology of bakery production] / L. Ya. Auerman. - 9th - St. Petersburg: Profession, 2005. - 416 p— - ISBN 5-93913-032-1. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.019>**ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО ТИПАМ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА**

Научная статья

Андропова А.А.^{1,*}, Вайс А.А.², Калачев В.А.³, Ануев Е.А.⁴, Попова В.В.⁵¹ ORCID: 0000-0003-4965-3670;² ORCID: 0000-0003-4965-3670;³ ORCID: 0000-0003-4965-3670;⁴ ORCID: 0000-0003-4965-3670;⁵ ORCID: 0000-0003-4965-3670;^{1, 2, 3, 4, 5} Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (economics25192715[at]gmail.com)

Аннотация

Живой напочвенный покров (ЖНП) является одним из компонентов насаждения и выполняет целый ряд экологических и индикаторных функций. Для выполнения данной работы использовались данные таксационных описаний Бальксинского лесничества Республики Хакассия. В результате отобрано 542 участка пихтовых насаждений следующих типов леса: пихтач борцовый, пихтач гераневый, пихтач зеленомошниковый, пихтач кисличный, пихтач крупнотравно-папоротниковый, пихтач осочково-сфагновый, пихтач среднегорный и пихтач хвощево-осочковый. Так как тип леса осочково-сфагновый представлен только одним участком, что свидетельствует о том, что данный тип является редким для условий лесничества, дальнейший анализ данного типа проводить не целесообразно. Почти в каждом типе леса преобладающей экологической группой являются мезофиты, также в этих типах леса присутствуют гигрофиты, в зеленомошном их количество составило – 3, среднегорном – 2, а в борцовом и гераневом по 1 гигрофиту, в крупнотравно-осочковый – 2 и в хвощево-осочковый – 1. Только в кисличном типе леса одинаковое число как мезофитов, так и гигрофитов. Из представленных данных можно наблюдать незначительное различие в живом напочвенном покрове между всеми типами леса. Максимальное сходство в живом напочвенном покрове наблюдалось между пихтачами зеленомошных и среднегорных (0,89) типов леса. Самый незначительный коэффициент общности наблюдался между пихтачами кисличного и хвощево-осочкового типов леса.

Ключевые слова: живой напочвенный покров, пихтовые насаждения, тип леса.**CHARACTERISTICS OF THE FIELD LAYER OF FIR FOREST CROP BASED ON THE FOREST TYPES IN THE ALTAI-SAYAN REGION**

Research article

Andronova A.A.^{1,*}, Vais A.A.², Kalachev V.A.³, Anuev E.A.⁴, Popova V.V.⁵¹ ORCID: 0000-0003-4965-3670;² ORCID: 0000-0003-4965-3670;³ ORCID: 0000-0003-4965-3670;⁴ ORCID: 0000-0003-4965-3670;⁵ ORCID: 0000-0003-4965-3670;^{1, 2, 3, 4, 5} Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (economics25192715[at]gmail.com)

Abstract

The field layer is one of the components of forest crop and performs a number of ecological and indicator functions. To perform the research, the authors use data from the survey descriptions of the Balyksa Forestry of the Republic of Khakassia. As a result, the study selected 542 plots of fir crop of the following types of forest: Aconitum fir forest (Bortsovy), Geranium fir forest (Geranevy), Phylum Bryophyta fir forest (Zelenomoshnikovy), Oxalis fir forest (Kislichny), fern fir forest (Krupnotravno-paportnikovy), Carex-Sphagnum fir forest (Osochkovo-sfagnovy), as well as mid-mountain (srednegorny) and Equisetum-Carex fir forest. Since the Carex-Sphagnum forest type is represented by only one site, which indicates that this type is rare for forestry conditions, further analysis of this type is not necessary. In almost every type of forest, mesophytes are the predominant ecological group as well as hygrophytes, their number equaled 3 in the Phylum Bryophyta forest, 2 in the mid-mountain forest, and 1 hygrophyte in the Aconitum and Geranium fir forest, 2 in the fern fir forest, and 1 in the Equisetum–Carex fir forest. The same number of both mesophytes and hygrophytes were observed only in the Oxalis type of fir forest. The data presented makes it possible to observe a slight difference in the field layer between all types of forest. The maximum similarity in the field layer was observed between the fir trees of the Phylum Bryophyta and mid-mountain (0.89) forest types. The most insignificant coefficient of community was observed between the fir trees of the Oxalis and Equisetum–Carex Forest types.

Keywords: field layer, fir forest crop, type of forest.**Введение**

Живой напочвенный покров (ЖНП) является одним из компонентов насаждения и выполняет целый ряд экологических и индикаторных функций.

На растительный покров оказывает влияние целый ряд факторов. Значительное воздействие на ЖНП оказывают рубки. М.В. Юшкевич, Д.В. Шиман [1] отмечают, что группово-выборочная рубка оказывает определённое влияние на обилие и встречаемость напочвенного покрова. С.В. Бачурина, С.В. Залесов, Г.А. Кутыева [2] указывают на факт незначительного влияния рубок обновления на экологическую среду, поскольку в напочвенном покрове большинства

пробных площадок сохраняются лесные и лесолуговые виды. М.В. Левковская установила влияние лесозаготовительной техники на ЖНП при проведении рубок ухода [3]. А.А. Соловьёва выполнила оценку живого напочвенного покрова под пологом и на вырубках сосняков лишайниковых [4].

ЖНП может служить индикатором условий местопроизрастания при оценке воздействия выбросов промышленных предприятий [5]. В лесах Западной Сибири применительно к зеленомошным типам леса установлено значительное воздействие нефтедобычи на обилие, таксономическое богатство и биологическую продуктивность живого напочвенного покрова [6]. После сельхозпользования видовой состав и биологическая продуктивность растений определяет комплекс лесоводственных и противопожарных мероприятий [7]. Н.В. Беляева, Е.Н. Кузнецов, О.И. Григорьева [8] установили роль напочвенного покрова в появлении и развитии подроста.

Значительное влияние на живой напочвенный покров оказывают лесные пожары. Так Н.М. Ковалёва констатирует низкую восстановительную способность напочвенного покрова после низовых пожаров разной интенсивности в древостоях южной тайги Нижнего Приангарья [9]. Аналогичные процессы зафиксированы на горях и горельниках [10].

Методы и принципы исследования

Целью данной работы является изучение типов леса пихтовых насаждений с точки зрения характеристики живого напочвенного покрова, а также выделения сходств и различий в нем между представленными типами леса.

Для выполнения данной работы использовались данные таксационных описаний Балькисинского лесничества Республики Хакасия. В результате отобрано 542 участка пихтовых насаждений следующих типов леса: пихтач борцовый, пихтач гераневый, пихтач зеленомошниковый, пихтач кисличный, пихтач крупнотравно-папоротниковый, пихтач осочково-сфагновый, пихтач среднегорный и пихтач хвощево-осоковый. Так как тип леса осочково-сфагновый, представлен только одним участком, что свидетельствует о том, что данный тип является редким для условий лесничества, дальнейший анализ данного типа проводить не целесообразно. Каждый участок характеризовался по таким показателям как состав, тип условий произрастания, тип леса, полнота, возраст, доля пихты в составе, почва, напочвенный покров, положение, крутизна склона и экспозиция склона (таблица 1).

Балькисинское лесничество Департамента лесного хозяйства Минприроды Хакасии расположено в юго-западной части Республики Хакасия на территории муниципального образования Аскизский район.

Разнообразие природно-климатических условий и обилие форм рельефа территории лесничества обуславливают разнообразие почвенного покрова, компоненты которого в пространственном размещении подчинены законам вертикальной зональности. По вершинам гор и хребтов преобладают горно-тундровые и горно-луговые почвы. В таёжной зоне по горным склонам и межгорным долинам преобладают подзолистые суглинистые и супесчаные типы почв, горные дерново-подзолистые оглеенные и щебнистые почвы, что связано с частым выходом скальных пород и наличием значительного количества обломочного материала. В котловинах и предгорьях развиты главным образом различного типа чернозёмы. Почвы лесничества легко подвергаются деградации.

Климат района следует считать как резко континентальный с холодной продолжительной зимой и жарким коротким летом. Продолжительность вегетационного периода колеблется от 117 до 140 дней. Распределение осадков на территории лесничества отличается большой неравномерностью, что связано с влиянием рельефа. Глубина промерзания почвы в среднем составляет 70 см. Ветры преобладают юго-западного направления, реже западного.

Лесные земли лесничества составляют 227930 га, или 88,1 % от общей площади лесничества, в том числе покрытые лесной растительностью земли - 218470 га, или 84,4 %.

Таблица 1 – Характеристика древостоя пихтовых насаждений

№ варианта	Состав	Тип условий произрастания	Тип леса	Полнота	Возраст	Почва	Покров	Положение	Крутизна склона	Экспозиция склона	Доля пихты в составе
1	5П1Е2 К2Б	С ₄	Пбр	0,6	150	Суглинистая, сырая	О,Т,П, Б,Х	Пойма	0	0	50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
542	10П+К	С ₃	Пхв.ос	0,2	100	Суглинистая, влажная	О,ВТ	В склон, 10	10	4	100

Примечание: Пбр - пихтач борцовый; Пхв.ос - пихтач хвощево-осоковый; Б-борец; П-папоротник; О-осока; Х-хвощ; Т-таволга; ВТ-высокотравье

Основные результаты

Живой напочвенный покров в зависимости от своего состава, строения, разнообразия определяет лесорастительные характеристики почвы и насаждений в целом, а также является главным критерием для определения типа леса. Для дальнейшего анализа изучаемой местности следует оценить каждый тип леса на различие по доминантам живого напочвенного покрова и экологических групп. По таким типам леса, как пихтач борцовый, пихтач гераневый, пихтач зеленомошниковый, пихтач кисличный, пихтач крупнотравно-папоротниковый, пихтач среднегорный и пихтач хвощево-осоковый составлена таблица с видовым составом доминантов и оценкой экологической группы (таблица 2).

Состав доминантов живого напочвенного покрова каждого типа леса следующий. Пихтач зеленомошный: черника лесная, зеленые мхи, широколиственные травы, осока лесная, осочка большехвостая, кислица обыкновенная, борец толстолистный, орляк обыкновенный и злаки. Пихтач среднегорный: осока лесная, орляк обыкновенный, зеленые мхи, широколиственные травы, осочка большехвостая, кислица обыкновенная, борец толстолистный и злаки. Пихтач

борцовый: борец толстолистный, осока лесная, широколиственные травы, орляк обыкновенный, злаки, кислица обыкновенная, земляника лесная, осочка большехвостая. Пихтач гераневый: осока лесная, широколиственные травы, злаки, осочка большехвостая, орляк обыкновенный, борец толстолистный, кислица обыкновенная, герань. Пихтач кисличный: кислица обыкновенная, зеленые мхи, орляк обыкновенный, злаки, вейник наземный и майник двулистный.

Таблица 2 – Характеристика живого напочвенного покрова различных типов леса пихтовых насаждений

Тип леса	Вид покрова	Экологическая группа
Пихтач зеленомошниковый	Черника лесная (лат. <i>Vaccinium myrtillus</i>)	Гигрофиты
	Зеленые мхи (лат. <i>Bryophyta</i>)	Гигрофиты
	Широколиственные травы	Мезофиты
	Осока лесная (лат. <i>Carex sylvatica</i>)	Мезофиты
	Осочка большехвостая (лат. <i>Carex macroura</i>)	Мезофиты
	Кислица обыкновенная (лат. <i>Oxalis acetosella</i>)	Гигрофиты
	Борец толстолистный (лат. <i>Aconitum crassifolium</i>)	Мезофиты
	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты
	Злаки (лат. <i>Gramineae</i>)	Мезофиты
Пихтач среднегорный	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты
	Зеленые мхи (лат. <i>Bryophyta</i>)	Гигрофиты
	Широколиственные травы	Мезофиты
	Осока лесная (лат. <i>Carex sylvatica</i>)	Мезофиты
	Осочка большехвостая (лат. <i>Carex macroura</i>)	Мезофиты
	Кислица обыкновенная (лат. <i>Oxalis acetosella</i>)	Гигрофиты
	Борец толстолистный (лат. <i>Aconitum crassifolium</i>)	Мезофиты
	Злаки (лат. <i>Gramineae</i>)	Мезофиты
Пихтач борцовый	Борец толстолистный (лат. <i>Aconitum crassifolium</i>)	Мезофиты
	Осока лесная (лат. <i>Carex sylvatica</i>)	Мезофиты
	Широколиственные травы	Мезофиты
	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты
	Злаки (лат. <i>Gramineae</i>)	Мезофиты
	Кислица обыкновенная (лат. <i>Oxalis acetosella</i>)	Гигрофиты
	Земляника лесная (лат. <i>Fragaria vesca</i>)	Мезофиты
	Осочка большехвостая (лат. <i>Carex macroura</i>)	Мезофиты
Пихтач гераневый	Осока лесная (лат. <i>Carex sylvatica</i>)	Мезофиты
	Широколиственные травы	Мезофиты
	Злаки (лат. <i>Gramineae</i>)	Мезофиты
	Осочка большехвостая (лат. <i>Carex macroura</i>)	Мезофиты
	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты
	Борец толстолистный (лат. <i>Aconitum crassifolium</i>)	Мезофиты
	Кислица обыкновенная (лат. <i>Oxalis acetosella</i>)	Гигрофиты
	Герань (лат. <i>Geranium sylvaticum</i>)	Мезофиты
Пихтач кисличный	Кислица обыкновенная (лат. <i>Oxalis acetosella</i>)	Гигрофиты
	Зеленые мхи (лат. <i>Bryophyta</i>)	Гигрофиты
	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты
	Злаки (лат. <i>Gramineae</i>)	Мезофиты
	Вейник наземный (лат. <i>Galamagrostis epigejos</i>)	Мезофиты
	Майник двулистный (лат. <i>Maianthemum bifolium</i>)	Гигрофиты
Пихтач крупнотравно- папоротниковый	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты
	Зеленые мхи (лат. <i>Bryophyta</i>)	Гигрофиты
	Борец толстолистный (лат. <i>Aconitum crassifolium</i>)	Мезофиты
	Борщевик сибирский (лат. <i>Heracleum sibiricum</i>)	Гигрофиты
	Осока лесная (лат. <i>Carex sylvatica</i>)	Мезофиты
	Вейник наземный (лат. <i>Galamagrostis epigejos</i>)	Мезофиты

Окончание таблицы 2 – Характеристика живого напочвенного покрова различных типов леса пихтовых насаждений

Тип леса	Вид покрова	Экологическая группа
Пихтач хвощёво-осоковый	Осока лесная (лат. <i>Carex sylvatica</i>)	Мезофиты
	Таволга обыкновенная (лат. <i>Filipendula vulgaris</i>)	Гигрофиты
	Хвощ лесной (лат. <i>Equisetum sylvaticum</i>)	Мезофиты
	Орляк обыкновенный (лат. <i>Pteridium aquilinum</i>)	Мезофиты

Пихтач крупнотравно-папоротниковый: орляк обыкновенный, зеленые мхи, борец толстолистный, борщевик сибирский, осока лесная и вейник наземный. Пихтач хвощёво-осоковый: осока лесная, таволга обыкновенная, хвощ лесной и орляк обыкновенный. Практически в каждом типе леса преобладающей экологической группой являются мезофиты, также в этих типах леса встречаются гигрофиты, в зеленомошном пихтаче их количество составило – 3, среднегорном – 2, а в борцовом и гераневом по 1 гигрофиту, в крупнотравно-папоротниковом – 2 и в хвощёво-осоковом – 1. Но только в кисличном типе леса одинаковое число как мезофитов, так и гигрофитов. Из представленных данных можно наблюдать не значительное различие в живом напочвенном покрове между всеми типами леса.

Для оценки степени сходства типов леса использовались два показателя – коэффициенты общности Жаккара и Серенсена. Эти два коэффициента показывают количество видов общих для двух типов леса, от числа всех видов. Рассчитать коэффициент общности Жаккара можно с помощью формулы 1, а коэффициент общности Серенсена с помощью формулы 2.

$$K = c / (a + B - c) \quad (1)$$

$$K = (2^* c) / (a + B) \quad (2)$$

где а – число видов в первой выборке (типе леса);

в – число видов во второй выборке (типе леса);

с – число общих видов для двух выборок (типов леса).

Расчет встречаемости общих видов для всех типов леса представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Встречаемость общих видов в различных типах леса пихтовых насаждений

Типы леса	Коэффициент Жаккара	Коэффициент Серенсена
Пбр-Пгр	0,78	0,88
Пбр-Пзм	0,70	0,82
Пбр-Пкис	0,27	0,43
Пбр-Пктп	0,27	0,43
Пбр-Пср	0,78	0,88
Пбр-Пхв.ос	0,20	0,33
Пгр-Пзм	0,70	0,82
Пгр-Пкис	0,27	0,43
Пгр-Пктп	0,27	0,43
Пгр-Пср	0,78	0,88
Пгр-Пхв.ос	0,20	0,33
Пзм-Пкис	0,36	0,53
Пзм-Пктп	0,36	0,53
Пзм-Пср	0,89	0,94
Пзм-Пхв.ос	0,18	0,31
Пкис-Пктп	0,33	0,50
Пкис-Пср	0,40	0,57
Пкис-Пхв.ос	0,11	0,20
Пктп-Пср	0,40	0,57
Пктп-Пхв.ос	0,25	0,40
Пср-Пхв.ос	0,20	0,33

Примечание: Пбр – борцовый тип леса; Пгр – гераневый тип леса; Пзм – зеленомошный; Пкис – кисличный; Пктп – крупнотравно-папоротниковый; Пср – среднегорный; Пхв.ос – хвощёво-осоковый

Установлено, что максимальное сходство по живому напочвенному покрову наблюдалось между пихтачами зеленомошного и среднегорного (0,89) типов леса. Самый незначительный коэффициент общности выявлен между кисличным и хвощёво-осоковыми типами леса.

Заключение

В результате получены следующие выводы.

- В пихтачах Алтае-Саянского региона произрастают насаждения 7 типов леса: пихтач борцовый, пихтач гераневый, пихтач зеленомошниковый, пихтач кисличный, пихтач крупнотравно-папоротниковый, пихтач среднегорный и пихтач хвощево-осоковый.

- Практически в каждом типе леса преобладающей экологической группой являются мезофиты, также встречаются гигрофиты. Из представленных данных можно наблюдать незначительное различие в доминантах живого напочвенного покрова между всеми типами леса.

- Установлено, что максимальное сходство по живому напочвенному покрову наблюдалось между пихтачами зеленомошникового и среднегорного (0,89) типов леса. Самый незначительный коэффициент общности выявлен между пихтачами кисличного и хвощево-осокового типов леса.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Юшкевич М.В. Влияние группово-постепенной рубки на живой напочвенный покров / М.В. Юшкевич, Д.В. Шиман // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: сб. тр. – НАН, НАН Беларуси по биоресурсам. – 2009. – с. 288-291.
2. Бачурина С.В. Влияние рубок обновления в сосняках на живой напочвенный покров / С.В. Бачурина, С.В. Залесов, Г.А. Кутыева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №1-1. – с. 1695.
3. Левковская М.В. Влияние лесозаготовительной техники на живой напочвенный покров сосняков в результате рубок ухода / М.В. Левковская // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2017. - №47. – с. 124-127.
4. Соловьёва А.А. Живой напочвенный покров под пологом и на вырубках лишайниковых сосняков / А.А. Соловьёва // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. – 2016. – с. 188-191.
5. Беленков Д.А. Живой напочвенный покров как биоиндикатор состояния лесных насаждений / Д.А. Беленков, С.В. Залесов, А.В. Бачурина // Аграрный вестник Урала. – 2009. - №6(60). – с. 64-66.
6. Казанцева М.Н. Влияние нефтедобычи на живой напочвенный покров таёжных лесов Западной Сибири / М.Н. Казанцева // Сибирский экологический журнал. – 2011. – т.18. - №6. – с. 789-796.
7. Юровских Е.В. Живой напочвенный покров на бывших сельскохозяйственных угодьях / Е.В. Юровских, А.Г. Магасумова, И.В. Петрова // Аграрный вестник Урала. – 2017. - №9(163). – с. 12.
8. Беляева Н.В. влияние живого напочвенного покрова на естественное возобновление древесных пород в городском парке «Сосновка» / Н.В. Беляева, Е.Н. Кузнецов, О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – т.3. - №1(12). – с. 119-124.
9. Ковалёва Н.М. Динамика фитомассы живого напочвенного покрова сосняков после низовых пожаров / Н.М. Ковалёва // Растительные ресурсы. – 2015. – т.51. - №2. – с. 143-153.
10. Хабибуллин А.Ф. Живой напочвенный покров на пройденных лесными пожарами площадях в сосняке бруснично-багульниковом подзоны северной тайги Западной Сибири / А.Ф. Хабибуллин, А.Г. Магасумова, Е.С. Залесова и др. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова. – 2019. - №4(57). – с. 87-94.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yushkevich M.V. Vliyanie gruppovo-postepennoj rubki na zhivoj napochvennyj pokrov [Influence of group-gradual felling on living ground cover] / M.V. Yushkevich, D.V. Shiman // Problemy sohraneniya biologicheskogo raznoobrazija i ispol'zovaniya biologicheskikh resursov [Problems of conservation of biological diversity and use of biological resources]: collection of tr. - NAS, NAS of Belarus on bioresources. - 2009. - pp. 288-291. [in Russian]
2. Bachurina S.V. Vliyanie rubok obnovleniya v sosnjakah na zhivoj napochvennyj pokrov [Influence of renewal logging in pine forests on living ground cover] / S.V. Bachurina, S.V. Zalesov, G.A. Kutjeva // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. - 2015. - №1-1. - p. 1695. [in Russian]
3. Levkovskaya M.V. Vliyanie lesozagotovitel'noj tehniki na zhivoj napochvennyj pokrov sosnjakov v rezul'tate rubok uhoda [The influence of logging equipment on the living ground cover of pine forests as a result of logging] / M.V. Levkovskaya // Actual problems of the forest complex. - 2017. - No. 47. - pp. 124-127. [in Russian]
4. Solovyova A.A. Zhivoj napochvennyj pokrov pod pologom i na vyrubkah lishajnikovyh sosnjakov [Living ground cover under the canopy and on the cuttings of lichen pine forests] / A.A. Solovyova // Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii [Fundamental and applied scientific research: topical issues, achievements and innovations]: collection of articles - 2016. - pp. 188-191. [in Russian]
5. Belenkov D. A. Zhivoj napochvennyj pokrov kak bioindikator sostojaniya lesnyh nasazhdenij [Living ground cover as a bioindicator of the state of forest plantations] / D. A. Belenkov, S. V. Zalesov, A. V. Bachurina // Agrarnyj vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. – 2009. - №6(60). – P. 64-66. [in Russian]
6. Kazantseva M. N. Vliyanie nefte dobychi na zhivoj napochvennyj pokrov tajozhnyh lesov Zapadnoj Sibiri [The impact of oil extraction on the living ground vegetation in the taiga forests of Western Siberia] / M. N. Kazantsev // Sibirskij ekologicheskij zhurnal [Siberian journal of ecology]. – 2011. – Vol. 18. - No. 6. – p. 789-796. [in Russian]
7. Yurovsky E. V. Zhivoj napochvennyj pokrov na byvshih sel'skhozajstvennyh ugod'jah [Living ground vegetation on former farmland] / E. V. Yurovsky, A. G. Magsumova, I. V. Petrov // Agrarnyj vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. – 2017. - №9(163). – p. 12. [in Russian]

8. Belyaeva N. V. Vlijanie zhivogo napochvennogo pokrova na estestvennoe vozobnovlenie drevesnyh porod v gorodskom parke «Sosnovka» [The influence of living ground cover on the natural renewal of tree species in the city park "Sosnovka"] / N. V. Belyaeva, E. N. Kuznetsov, O. I. Grigorieva // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice]. - 2015. - Vol. 3. - №1(12). – pp. 119-124. [in Russian]

9. Kovaleva N. M. Dinamika fitomassy zhivogo napochvennogo pokrova sosnjakov posle nizovyh pozharov [Dynamics of phytomass of living ground cover of pine forests after grass-roots fires] / N. M. Kovaleva // Rastitel'nye resursy [Plant resources]. - 2015. - vol. 51. - No. 2. - pp. 143-153. [in Russian]

10. Khabibullin A. F. Zhivoj napochvennyj pokrov na proydennyh lesnymi pozharemi ploshhadjah v sosnjake brusnichno-bagul'nikovom podzony severnoj tajgi Zapadnoj Sibiri [Living ground cover on the areas covered by forest fires in the lingonberry-bagulnikov pine forest of the northern taiga subzone of Western Siberia] / A. F. Khabibullin, A. G. Magasumova, E. S. Zalesova et al. // Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov]. – 2019. - №4(57). – pp. 87-94. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.020>**НАКОПЛЕНИЕ ПОДРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ВЫРУБКАХ
В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ**

Научная статья

Башегуров К.А.¹, Залесов С.В.^{2,*}, Морозов А.Е.³, Попов А.С.⁴¹ ORCID: 0000-0002-9050-8902;² ORCID: 0000-0003-3779-410X;³ ORCID: 0000-0002-2373-1151;⁴ ORCID: 0000-0002-3060-9461;^{1, 2, 3, 4}Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (Zalesovsv[at]m.usfeu.ru)

Аннотация

Повышение продуктивности лесов может быть в значительной степени обеспечено сокращением периода между сплошнолесосечной рубкой и переводом вырубки в покрытые лесной растительностью земли. Указанное особенно важно в районах с жесткими лесорастительными условиями, где защитная роль лесов доминирует над сырьевой.

На основании 24 пробных площадей изучены количественные и качественные показатели подроста сосны в условиях подзоны северной тайги. Исследования проводились на рубках 5-летней давности после проведения сплошнолесосечных рубок в сосновых насаждениях лишайникового, мшисто-ягодникового, разнотравного и осоково-сфагнового типов леса.

На каждой рубке было оставлено 10-30 тонкомерных деревьев в качестве обсеменителей. Лесосечные работы проводились по традиционной технологии, что позволило сохранить максимальное количество подроста сосны предварительной генерации.

Исследования показали, что спустя 5 лет после рубки доля жизнеспособного подроста сосны варьирует от 75,33 до 93,42 %. При этом доля подроста последующей генерации варьируется от 55,03 % в условиях сосняка разнотравного до 18,42 в условиях сосняка осоково-сфагнового.

Максимальным количеством жизнеспособного подроста сосны характеризуются рубки сосняка мшисто-ягодникового. Однако на рубках всех типов леса подроста сосны достаточно для перевода их в покрытые лесной растительностью земли. Последнее свидетельствует о предпочтительности мер содействия естественному возобновлению над искусственным лесовосстановлением.

Ключевые слова: подзона северной тайги, сплошнолесосечные рубки, сосна обыкновенная, лесовосстановление, меры содействия естественному лесовозобновлению.

**ACCUMULATION OF SCOTS PINE UNDERGROWTH ON CUTTINGS IN THE SUBZONE
OF THE NORTHERN TAIGA**

Research article

Bashegurov K.A.¹, Zalesov S.V.^{2,*}, Morozov A.E.³, Popov A.S.⁴¹ ORCID: 0000-0002-9050-8902;² ORCID: 0000-0003-3779-410X;³ ORCID: 0000-0002-2373-1151;⁴ ORCID: 0000-0002-3060-9461;^{1, 2, 3, 4}Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

* Corresponding author (Zalesovsv[at]m.usfeu.ru)

Abstract

The increase in forest productivity can be largely ensured by shortening the period between clear cutting and the transfer of logging to forest-covered lands. This is especially important in areas with harsh forest conditions, where the protective role of forests dominates their role as raw material.

Based on 24 sample areas, the study examines quantitative and qualitative indicators of pine undergrowth in the conditions of the northern taiga subzone. The research was carried out on 5-year-old cuttings after continuous logging in pine stands of lichen, moss-berry (mshisto-yagodnikov), mixed grass and carex-sphagnum (osokovo-sfagnovy) forest types.

10-30 fine-grained trees were left at each cutting as seed trees. Logging operations were carried out using traditional technology, which allowed for preserving the maximum amount of pre-generation pine undergrowth.

The research demonstrates that 5 years after logging, the proportion of viable pine undergrowth varies from 75.33 to 93.42%. At the same time, the share of undergrowth of subsequent generation varies from 55.03% in the mixed-grass pine forest to 18.42 in the carex-sphagnum pine forest.

The maximum amount of viable pine undergrowth is characterized by cutting down of the moss-berry pine forest. However, in the deforestation of all types of forests, pine undergrowth is sufficient to transfer them to the lands covered with forest vegetation. The latter indicates the preference of measures that promote natural regeneration over artificial reforestation.

Keywords: northern taiga subzone, continuous logging, Scots pine, reforestation, measures to promote natural reforestation.

Введение

Одним из направлений повышения продуктивности лесов является оптимизация рубок спелых и перестойных насаждений в направлении сокращения не покрытых лесной растительностью площадей [1], [2]. Для каждой конкретной лесосеки должен быть выбран такой вид рубок спелых и перестойных насаждений, который обеспечивал бы ускоренный перевод вырубки в покрытые лесной растительностью земли. Естественно, что оптимальным было бы

проведение выборочных рубок спелых и перестойных насаждений, которые позволяют обеспечить постоянство выполнения насаждениями защитных функций за счет накопления подроста предварительной и сопутствующих генераций [3], [4]. Однако в условиях северной подзоны тайги, где древостои характеризуются низкими классами бонитета и незначительной производительностью, в практике лесопользования доминируют сплошнолесосечные рубки [5]. После проведения последних покрытые лесной растительностью земли переходят в вырубку, что обуславливает, в свою очередь, накопление лесокультурного фонда.

В то же время, в ряде типов леса под пологом спелых и перестойных насаждений имеется значительное количество подроста предварительной генерации [6], [7], [8], что позволяет при условии его сохранения минимизировать период между проведением рубок и переводом вырубки в покрытые лесной растительностью земли [9], [10], [11].

Сохранение подроста в процессе проведения лесосечных работ во многом зависит от применяемой технологии [4], [12], сезона и типа леса. Кроме того, после завершения лесосечных работ на вырубке начинает накапливаться подрост последующей генерации, что также ускоряет процесс перевода вырубки в покрытые лесной растительностью земли.

Цель, методика и объекты исследований

Целью исследований было установление количества жизнеспособного подроста на вырубках основных типов леса после проведения рубок спелых и перестойных насаждений по традиционной технологии в условиях подзоны северной тайги и разработка на этой основе предложений по ускорению лесовосстановления.

В основу исследований был положен метод пробных площадей (ПП), которые закладывались на вырубках лишайникового, мшисто-ягодникового, разнотравного и осоково-сфагнового типов леса на территории Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района (подзона северной тайги).

Закладка ПП производилась с учетом требований действующих нормативных документов [13] и апробированных методических рекомендаций [14], [15]. На каждой ПП равномерно закладывалось по 30 учетных площадок размером 2 × 2 м. На каждой учетной площадке производился учет подроста с подразделением его по видам, высоте, жизненному состоянию. В камеральных условиях устанавливалась встречаемость подроста, как выраженное в процентах отношение учетных площадок на ПП с наличием жизнеспособного хвойного подроста к общему количеству заложённых учетных площадок.

В каждом типе леса закладывалось по 6 ПП. В процессе проведения лесосечных работ валка деревьев производилась бензомоторными пилами, а трелевка древесины трелевочными тракторами. Очистка мест рубок от порубочных остатков производилась укладкой их на трелевочные волокна с последующим измельчением в процессе прохода лесозаготовительной техники и перемещения хлыстов вырубленных деревьев.

Поскольку объектом исследований служили вырубки, сформировавшиеся после рубки сосновых древостоев, при анализе особое внимание уделялось подросту сосны как главной породы.

Обсеменителями, помимо стен леса, служили, сохраненные в процессе проведения лесосечных работ, тонкомерные деревья сосны в количестве 10-30 шт./га. Распределение семенных деревьев по территории вырубок носило случайный характер.

Результаты и обсуждение

Поскольку при проведении лесосечных работ по традиционной технологии ориентировались на естественное лесовосстановление за счет максимального сохранения подроста предварительной генерации, то уже спустя 5 лет после рубки на вырубках имело место значительное количество жизнеспособного подроста сосны (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что максимальное количество жизнеспособного подроста сосны накапливается в сосняке мшисто-ягодниковом, а минимальное в сосняке осоково-сфагновом. Особо следует отметить, что на вырубках всех типов леса доминирует жизнеспособный подрост сосны 75,33-93,42 %. Доля нежизнеспособного подроста при этом варьируется от 3,95 до 14,32 %.

Таблица 1 – Распределение подроста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по категориям жизненного состояния

Тип леса	Ед. изм.	Общее количество подроста сосны	В том числе по категориям жизнеспособности		
			Ж	С	НЖ
Лишайниковый	тыс. шт./га	22,79	18,61	2,22	1,95
	%	100	81,66	9,78	8,56
Мшисто-ягодниковый	тыс. шт./га	32,13	24,20	3,33	4,60
	%	100	75,33	10,35	14,32
Разнотравный	тыс. шт./га	13,78	12,10	1,00	0,68
	%	100	87,84	7,26	4,90
Осоково-сфагновый	тыс. шт./га	7,6	7,10	0,20	0,30
	%	100	93,42	2,63	3,95

Примечание: Ж – жизнеспособный; С – сомнительный, НЖ – нежизнеспособный

На обследованных вырубках имел место подрост сосны как предварительной, так и последующей генераций. О чем свидетельствуют материалы, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение жизнеспособного подростка сосны по группам возраста

Тип леса	Ед. изм.	Количество жизнеспособного подростка сосны	В том числе по группам возраста, лет		
			3-5	6-10	11-15
Лишайниковый	тыс. шт./га	19,72	5,99	10,96	2,77
	%	100	30,40	55,56	14,04
Мшисто-ягодниковый	тыс. шт./га	25,87	9,18	15,20	1,49
	%	100	35,49	58,75	5,76
Разнотравный	тыс. шт./га	12,60	6,93	5,51	0,16
	%	100	55,03	43,70	1,27
Осоково-сфагновый	тыс. шт./га	7,20	1,33	5,87	0
	%	100	18,42	81,58	0

Как следует из таблицы 2, доля подростка последующей генерации варьируется на вырубках разных типов леса от 18,42 до 55,03%. Если в условиях осоково-сфагнового типа леса количество подростка, появившегося после рубки, не превышает 1,33 тыс. шт./га, то в условиях сосняка разнотравного подростка младше 6 лет – 6,93 тыс. шт./га. В целом можно отметить, что подрост последующей генерации имеет место на вырубках всех типов леса, но при этом, как правило, по количеству доминирует подрост сосны предварительной генерации. Особо следует отметить, что данные о возрастной структуре подростка сосны свидетельствуют, что количества сохраненного в процессе проведения лесосечных работ подростка в соответствии с действующими нормативными документами [13] достаточно для перевода вырубок в покрытые лесной растительностью земли.

Различия в возрасте подростка сосны на вырубках 5-летней давности обусловили, в свою очередь, различия его по высоте (табл. 3).

Таблица 3 – Распределение жизнеспособного подростка сосны по группам высота

Тип леса	Ед. изм.	Количество жизнеспособного подростка сосны	В том числе по группам высот, м		
			до 0,5	0,51-1,5	выше 1,5
Лишайниковый	тыс. шт./га	19,72	13,96	4,18	1,58
	%	100	70,78	21,19	8,03
Мшисто-ягодниковый	тыс. шт./га	25,87	21,72	3,42	0,73
	%	100	83,95	13,23	2,82
Разнотравный	тыс. шт./га	12,60	11,76	0,75	0,09
	%	100	93,36	5,99	0,65
Осоково-сфагновый	тыс. шт./га	7,20	5,02	1,61	0,57
	%	100	69,74	22,37	7,89

Анализируя таблицу 3, можно отметить, что на вырубках всех типов леса доминирует мелкий подрост сосны, что создает угрозу смены пород. Другими словами, сосняки могут сменяться березняками и осинниками. Количество подростка сосны в пересчете на крупный в условиях лишайникового типа леса составляет 11,90 тыс. шт./га; в условиях мшисто-ягодникового – 14,33; разнотравного – 7,38 и осоково-сфагнового – 2,87 тыс. шт./га.

Критериями для перевода молодняков в покрытые лесной растительностью земли в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном лесной районе является [13] наличие подростка сосны в количестве не менее 2,2 тыс. шт./га при средней высоте не менее 1,2 м. Следовательно, при условии сохранения подростка сосны в процессе проведения лесосечных работ можно в будущем обеспечить перевод вырубок в покрытые лесной растительностью земли, не прибегая к искусственному лесовосстановлению.

Переводу вырубок в покрытые лесной растительностью земли, через 5 лет после рубки способствуют также высокие показатели встречаемости подростка сосны. В лишайниковом типе леса встречаемость жизнеспособного подростка сосны на вырубках 5-летней давности составила 90 %, в мшисто-ягодниковом - 97 %, в разнотравном - 73,3 % и в осоково-сфагновом – 60 %.

Сдерживающим фактором перевода вырубок в покрытые лесной растительностью земли является медленный рост подростка сосны. Последнее вызывает необходимость сохранения в процессе проведения лесосечных работ подростка предварительной генерации, а при отсутствии последнего целесообразно проведение минерализации почвы за 5-7 лет до рубки с целью накопления под пологом подростка сосны.

Сохранность подростка в процессе проведения лесосечных работ по традиционной технологии значительно выше, чем при использовании многооперационных машин [4], [12], что вызывает необходимость проведения исследований, направленных на совершенствование технологии лесосечных работ.

Выводы

1. Демутационные процессы на вырубках в подзоне северной тайги протекают достаточно успешно.
2. Соблюдение лесоводственных требований при проведении лесосечных работ по традиционной технологии обеспечивает сохранение подростка сосны предварительной генерации в количестве, достаточном для формирования сосновых молодняков.
3. Наиболее активно зарастание вырубок сосной протекает в мшисто-ягодниковом типе леса. Сложнее протекают процессы лесовосстановления на вырубках сосняка осоково-сфагнового.

4. В целях ускорения процессов лесовосстановления, при отсутствии подроста предварительной генерации, за 5-7 лет до рубки целесообразно выполнить минерализацию почвы под пологом спелых и перестойных насаждений.

5. Дополнительной мерой содействия естественному лесовозобновлению является оставление обсеменителей.

6. Учитывая скорость формирования молодняков сосны на вырубках в подзоне северной тайги, следует считать нецелесообразным проведение здесь работ по искусственному лесовосстановлению. Более целесообразным следует признать проведение мероприятий по содействию естественному лесовосстановлению.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / Reference

1. Луганский Н.А. Повышение продуктивности лесов / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.А. Щавровский. – Екатеринбург: УЛТИ, 1995. 297 с.
2. Залесов С.В. Научное обоснование системы лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности сосновых лесов Урала / С.В. Залесов: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург, 2000. 390 с.
3. Герц Э.Ф. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев / Э.Ф. Герц, С.В. Залесов // Лесное хозяйство. 2009. № 5. С. 18-20.
4. Азаренок В.А. Сортиментная заготовка древесины / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов и др. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
5. Залесов С.В. Лесоводство / С.В. Залесов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
6. Дебков Н.М. Обеспеченность осинников средней тайги подростом предварительной генерации (на примере Томской области) / Н.М. Дебков, С.В. Залесов, А.С. Оплетев // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12 (142). С. 48-53.
7. Ведерников Е.А. Обеспеченность подростом спелых и перестойных темнохвойных насаждений Пермского края / Е.А. Ведерников, С.В. Залесов, Е.С. Залесова и др. // Лесны. журнал 2019. № 3. С. 32-42 (Изв. высш. учеб. заведений) DOI: 10.17238/issn 0536-1036.2019.
8. Залесова Е.С. Обеспеченность спелых и перестойных светлохвойных насаждений Западно-Уральского таежного лесного района подростом предварительной генерации / Е.С. Залесова, С.В. Залесов, Г.Г. Терехов и др. // Успехи современного естествознания, 2019. № 1. С. 39-44.
9. Залесов С.В. Естественное лесовосстановление на вырубках Тюменского Севера / С.В. Залесов, Е.П. Платонов, К.И. Лопатин и др. // ИВУЗ «Лесной журнал», 1996. № 4-5. С. 51-58.
10. Платонов Е.П. Пути совершенствования мероприятий по компенсационному лесовосстановлению / Е.П. Платонов, А.С. Оплетев, С.В. Залесов и др. // Лесной вестник Forestry Bulletin, 2021. № 6. Т. 25. С. 5-8. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-6-5-10.
11. Башегуров К.А. Древесная растительность на вырубках в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном лесном районе / К.А. Башегуров, С.В. Залесов, К.В. Мельникова и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 6 (108). Часть 3. С. 63-67. DOI: 10.23670/IRJ. 2021.108.6.070.
12. Залесов С.В. Последствия применения сортиментной технологии при рубках спелых и перестойных насаждений. / С.В. Залесов, А.Г. Магасумова, Ф.Т. Тимебулатов и др. // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 44-46.
13. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений: Утв. Приказом Минприроды России от 04.12.2020 г. № 1014.
14. Данчева А.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения / А.В. Данчева, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.
15. Бунькова Н.П. Основы фитомониторинга / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.С. Залесова и др. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Luganskij N.A. Povyshenie produktivnosti lesov [Increasing forest productivity] / N.A. Luganskij, S.V. Zalesov, V.A. SHCHavrovskij. – Ekaterinburg: ULTI, 1995. 297 p. [in Russian]
2. Zalesov S.V. Nauchnoe obosnovanie sistemy lesovodstvennyh me-ropriyatij po povysheniyu produktivnosti sosnovykh lesov Urala [Scientific substantiation of the system of forestry measures to increase the productivity of the pine forests of the Urals] / S.V. Zalesov: dis. ... d-ra s.-h. nauk. – Ekaterinburg, 2000. 390 p. [in Russian]
3. Gerc E.F. Povyshenie lesovodstvennoj effektivnosti nesploshnykh rubok putem optimizacii valki naznachennykh v rubku derev'ev [Increasing the silvicultural efficiency of non-clear cuts by optimizing the felling of trees assigned to felling] / E.F. Gerc, S.V. Zalesov // Lesnoe hozyajstvo. 2009. № 5. P. 18-20. [in Russian]
4. Azarenok V.A. Sortimentnaya zagotovka drevesiny [Cut-to-length timber harvesting] / V.A. Azarenok, E.F. Gerc, S.V. Zalesov et al. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2015. 140 p. [in Russian]
5. Zalesov S.V. Lesovodstvo [Forestry] / S.V. Zalesov. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2020. 295 p. [in Russian]
6. Debkov N.M. Obespechennost' osinnikov srednej tajgi podrostom predvaritel'noj generacii (na primere Tomskoj oblasti) [Provision of aspen forests in the middle taiga with undergrowth of preliminary generation (on the example of the Tomsk region)] / N.M. Debkov, S.V. Zalesov, A.S. Opletaev // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 12 (142). P. 48-53. [in Russian]
7. Vedernikov E.A. Obespechennost' podrostom spelykh i perestojnykh temnohvojnykh nasazhdenij Permskogo kraja [Provision with undergrowth of mature and overmature dark coniferous plantations in the Perm Territory] / E.A. Vedernikov, S.V. Zalesov, E.S. Zalesova et al. // Lesny. zhurnal 2019. № 3. P. 32-42. DOI: 10.17238/issn 0536-1036.2019. [in Russian]
8. Zalesova E.S. Obespechennost' spelykh i perestojnykh svetlohvojnykh nasazhdenij Zapadno-Ural'skogo taezhnogo lesnogo rajona podrostom predvaritel'noj generacii [Provision of mature and overmature light coniferous plantations of the West-Ural taiga forest region with undergrowth of preliminary generation] / E.S. Zalesova, S.V. Zalesov, G.G. Terekhov et al. // Uspekhi sovremennogo este-stvoznaniya, 2019. № 1. P. 39-44. [in Russian]

9. Zalesov S.V. Estestvennoe lesovosstanovlenie na vyrubkah Tyu-menskogo Severa [Natural reforestation in the clearings of the Tyumen North] / S.V. Zalesov, E.P. Platonov, K.I. Lopatin et al. // IVUZ «Lesnoj zhurnal», 1996. № 4-5. P. 51-58. [in Russian]
10. Platonov E.P. Puti sovershenstvovaniya meropriyatij po kompensacionnomu lesovosstanovleniyu [Ways to improve measures for compensatory reforestation] / E.P. Platonov, A.S. Opletaev, S.V. Zalesov et al. // Lesnoj vestnik Forestru Bulletin, 2021. № 6. Vol. 25. P. 5-8. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-6-5-10. [in Russian]
11. Bashegurov K.A. Drevesnaya rastitel'nost' na vyrubkah v Zapad-no-Sibirskom severo-taezhnom ravninnom lesnom rajone [Woody vegetation in clearings in the West Siberian north-taiga plain forest region] / K.A. Bashegu-rov, S.V. Zalesov, K.V. Mel'nikova et al. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2021. № 6 (108). Part 3. P. 63-67. DOI: 10.23670/IRJ. 2021.108.6.070. [in Russian]
12. Zalesov S.V. Posledstviya primeneniya sortimentnoj tekhnologii pri rubkah spelyh i perestojnyh nasazhdenij. [Consequences of using cut-to-length technology when felling mature and overmature plantations] / S.V. Zalesov, A.G. Magasumova, F.T. Timerbulatov et al. // Agrarnyj vestnik Urala. 2013. № 3 (109). P. 44-46. [in Russian]
13. Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, sostava proekta le-sovosstanovleniya, poryadka razrabotki proekta lesovosstanovleniya i vse-seniya v nego izmenenij: Utv. Priказом Минприроды России от 04.12.2020 г. № 1014. [On approval of the Rules for reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for developing a reforestation project and making changes to it: Approved]. [in Russian]
14. Dancheva A.V. Ekologicheskij monitoring lesnyh nasazhdenij re-kreacionnogo naznacheniya [Ecological monitoring of recreational forest plantations] / A.V. Dancheva, S.V. Zalesov. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2015. 152 p. [in Russian]
15. Bun'kova N.P. Osnovy fitomonitoringa [Fundamentals of phytomonitoring] / N.P. Bun'kova, S.V. Zalesov, E.S. Zalesova et al. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2020. 90 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.021>

КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРЯМОМ ПОСЕВЕ

Научная статья

Гармашов В.М.*

ORCID: 0000-0003-1214-9032,

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Каменная Степь, Россия

* Корреспондирующий автор (niish1c[at]mail.ru)

Аннотация

Исследованиями, проведенными в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР, с целью выявления изменения калийного режима чернозема обыкновенного при применении приемов минимализации обработки и прямого посева установлены отчетливо выраженные агрогенные изменения в калийном режиме почв используемых в сельскохозяйственном производстве с различной интенсивности механической обработки. При минимализации обработки почвы отмечается снижение уровня обеспеченности чернозема и, соответственно, выращиваемых культур обменным калием в течение вегетационного периода. С нарастанием срока использования минимальной обработки почвы эта тенденция усиливается, но начиная с четвертого года применения технологии No-till, отмечается рост содержания обменного калия в черноземе обыкновенном по сравнению с обрабатываемой почвой. При отвальной обработке на глубину 20-22 см обеспеченность чернозема обыкновенного обменным калием в меньшей степени зависит от гидротермических условий вегетационного периода. На залежи содержание обменного калия в почве было в 2-3 раза ниже, чем в почве, используемой в сельскохозяйственном производстве. И динамика изменения его содержания была аналогична динамике его содержания при нулевой обработке.

На основании регрессионного анализа результатов исследований установлены закономерности и трендовые модели изменения калийного режима чернозема обыкновенного при применении приемов минимализации обработки почвы и прямого посева в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, обменный калий, минимализация обработки почвы, прямой посев.

POTASSIUM STATUS OF ORDINARY CHERNOZEM WITH MINIMIZATION OF SOIL TREATMENT AND DIRECT SEEDING

Research article

Garmashov V.M.*

V. V. Dokuchaev Voronezh Federal Agricultural Research Center, Kamennaya Steppe, Russia

* Corresponding author (niish1c[at]mail.ru)

Abstract

With the goal of identifying changes in the potassium status of ordinary chernozem when using methods of minimization of processing and direct sowing, the studies conducted in the soil and climatic conditions of the south-east of the Central Black Earth Economic Region establish clearly pronounced agrogenic changes in the potassium status of soils used in agricultural production with different intensity of mechanical processing. With the minimization of soil treatment, there is a decrease in the level of provision of chernozem and, accordingly, cultivated crops with exchangeable potassium during the crop season. With the increase in the period of use of minimal tillage, this trend is also increasing; however, starting from the fourth year of application of the no-till technology, there is an increase in the content of exchangeable potassium in ordinary chernozem compared to the treated soil. During mouldboard treatment with the depth of 20-22 cm, the availability of ordinary chernozem with exchangeable potassium depends on the hydrothermal conditions of the crop season to a lesser extent. For layland, the content of exchangeable potassium in the soil was 2-3 times lower than in the soil used in agricultural production. The dynamics of the change in its content was similar to the dynamics of its content at zero treatment.

Based on the regression analysis of the research results, the authors establish patterns and trend models of changes in the potassium status of ordinary chernozem when using techniques for minimizing tillage and direct sowing in the soil and climatic conditions of the south-east of the Central Asian Republic.

Keywords: ordinary chernozem, exchangeable potassium, minimization of tillage, direct sowing.

Введение

В последние годы большой интерес у науки и практики представляет минимализация в обработке почвы и, особенно технологии выращивания культур без обработки почвы [1], [2], [3]. В тоже время в научной литературе многие вопросы при внедрении минимализации обработки почвы и прямого посева являются остро дискуссионными и мало изученными [4], [5], [6], [7].

Одним из важных факторов плодородия почвы и получения стабильных урожаев выращиваемых культур является обеспеченность почвы элементами минерального питания [8], [9].

Калий является важнейшим элементом минерального питания растений, вынос его с урожаем сельскохозяйственных культур больше, чем фосфора, а иногда и азота. В растениях этот элемент участвует во многих процессах (превращение энергии, биосинтез и транспорт углеводов, функционирование различных ферментативных систем и др.). Оптимальное его содержание в черноземной почве составляет порядка 150 мг/кг почвы [9]. Достаточная обеспеченность растений калием способствует существенному повышению устойчивости растений к целому комплексу неблагоприятных внешних воздействий [10], [11]. Особая роль принадлежит калию в регуляции водного режима.

Значительное количество калия в почве находится в трудно доступной форме. Переход его из труднодоступных форм в обменные происходит под влиянием биологических и химических процессов в определенной мере

изменяющихся под воздействием приемов обработки почвы. В этой связи установление изменения содержания и обеспеченности почвы доступным для растений формами калия при различных способах обработки почвы имеет важное значение.

Цель исследований – изучить изменение калийного режима чернозема обыкновенного при минимализации обработки почвы и прямом посеве.

Условия материалы и методы

Исследования проводились в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в стационарном опыте по поиску и разработке наиболее рациональных приемов и систем обработки почвы, обеспечивающих сохранение почвенного плодородия и высокую урожайность сельскохозяйственных культур. Почва исследовательского полигона – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими характеристиками 0-30 см слоя: гумус – 6,48%, общий азот – 0,36%, общий фосфор – 0,35%, общий калий – 1,85%, реакция почвенной среды близка к нейтральной ($pH_{KCL} = 6,99$), гидролитическая кислотность – 0,57 мг.-экв. / 100 г.

Приемы обработки почвы изучаются в севообороте: горох – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень.

Мониторинговые исследования изменения калийного режима почвы были проведены в течение семи лет с 2014 по 2020 год, с нарастающим сроком использования приемов минимализации обработки почвы, на первом поле стационарного опыта при рекомендованной для зоны обработки почвы – ежегодной вспашке на глубину 20-22 см (контроль), ежегодной минимальной на глубину 6-8 см, нулевой обработке и в почве естественной экосистемы – залежь косимая (абсолютный контроль).

Калийный режим почвы изучали в слое 0-20 см. Отбор образцов ежегодно производился три раза за вегетационный период. Обменный калий определяли по Чирикову (1968) (ГОСТ 26204-91). Результаты исследований Обработку экспериментальных данных проводили дисперсионным методом математического анализа (Доспехов, 1985) с использованием программного обеспечения ПК Microsoft Office Excel 2010.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований были различными с ГТК май-август 0,31-1,09 и отражали всевозможный спектр складывающихся погодных условий в зоне, а в общем были близкими к климатической норме для юго-востока ЦЧР.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты мониторинговых исследований динамики обеспеченности почвы обменным калием при традиционной системе обработки почвы в севообороте – ежегодной вспашке на глубину 20-22 см (контроль), минимальной обработке почвы в севообороте – поверхностной безотвальной обработке почвы КПЭ-3,8 на глубину 6-8 см, нулевой обработке и многолетней косимой залежи свидетельствуют, что на фоне широкоамплитудных колебаний содержания обменного калия в черноземе обыкновенном по годам исследований, обусловленных агрометеорологическими условиями лет проведения опыта и сменой культур севооборота в длительном ряду наблюдений четко просматривается влияние изучаемых обработок почвы на содержание обменного калия в черноземе обыкновенном в период вегетации полевых культур (рис.). При минимализации обработки почвы отмечается снижение уровня обеспеченности чернозема обыкновенного и, соответственно выращиваемых культур обменным калием в течение вегетационного периода. При этом в первые четыре года динамика изменения обеспеченности почвы обменным калием при ежегодной поверхностной безотвальной обработке почвы была аналогична как при ежегодной вспашке. В дальнейшем с нарастанием негативных последствий применения поверхностной обработки почвы (увеличения плотности почвы и снижения биологической активности и др.), с пятого года применения поверхностной обработки калийный режим чернозема складывается аналогично варианта с нулевой обработкой, но на более низком уровне, что связано с большим выносом калия при более высокой урожайности культур севооборота при поверхностной обработке почвы по сравнению с вариантом прямого посева.

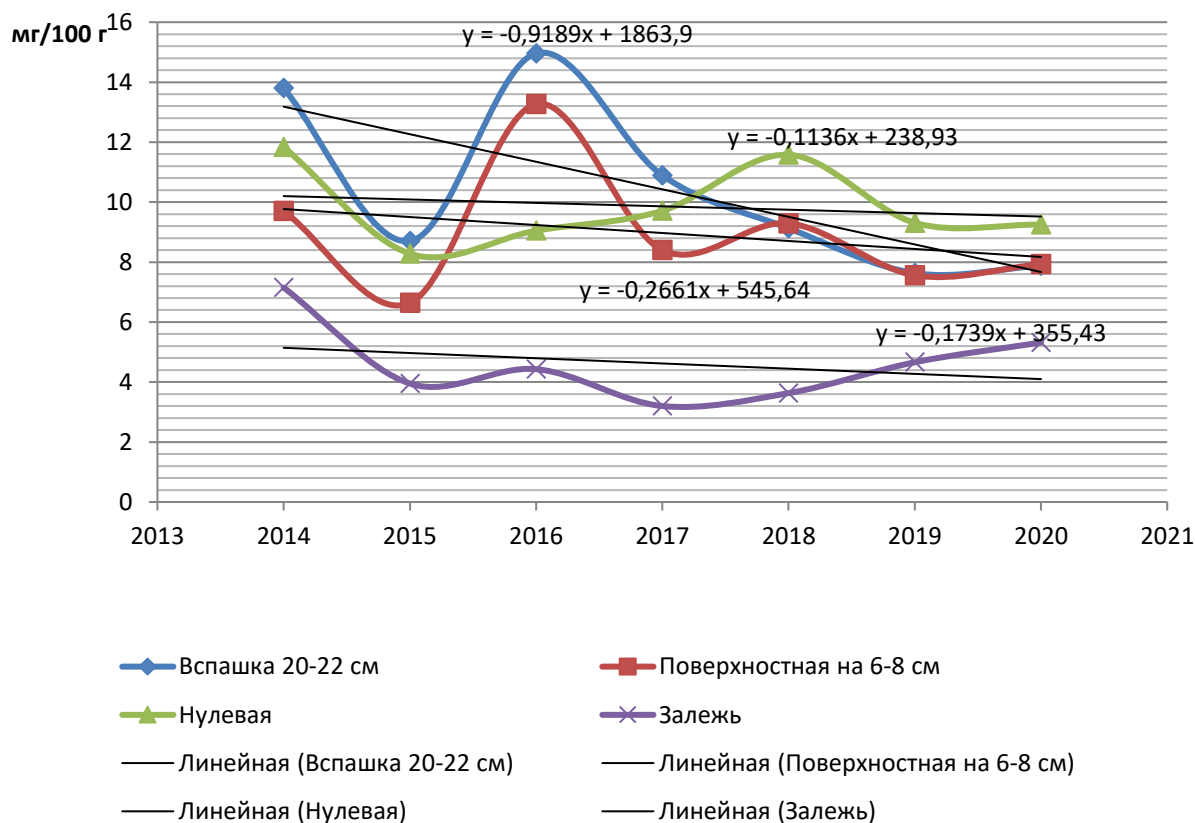


Рис. 1 – Динамика изменения содержания обменного калия в черноземе обыкновенном в слое 0-20 см при минимализации обработки и прямом посеве

В связи с остро обсуждаемой проблемой возрастания плодородия почвы при длительном применении системы обработки по технологии No-till, где сторонники нулевой обработки, в основном ссылаясь на зарубежный опыт, указывают на то, что эффект от нулевой обработки почвы наступает не раньше, чем через 6-7 лет в зависимости от почвенно-климатических условий [12], [13], [14], нам было интересно установить закономерность изменения обеспеченности чернозема обыкновенного обменным калием в системе No-till. По результатам наших исследований начиная с четвертого года применения технологии No-till, отмечается рост содержания обменного калия в черноземе обыкновенном по сравнению с обрабатываемой почвой. С одной стороны, это связано с более низкой урожайностью культур севооборота и, соответственно, меньшим выносом калия из почвы на варианте нулевой обработки. С другой стороны, возможно со стабилизацией почвенных процессов, о чем указывается в научных работах [13].

На основании статистического анализа полученных результатов исследований выявлено, что при различном формировании корнеобитаемого слоя менялась и закономерность в обеспеченности чернозема обыкновенного обменным калием при различных гидротермических условиях периода вегетации. Выявлено, что при отвальной обработке на глубину 20-22 см обеспеченность чернозема обыкновенного обменным калием в меньшей степени зависит от гидротермических условий вегетационного периода. Корреляционный коэффициент между этими показателями составляет $r = 0,08$, тогда как при нулевой обработке почвы коэффициент корреляции между ГТК вегетационного периода и содержанием обменного калия в почве составляет $r = -0,61$, что свидетельствует более высокой степени зависимости питательного режима чернозема обыкновенного от погодных условий в период роста растений. На залежи зависимость содержания обменного калия в почве от гидротермического коэффициента была положительной и слабой $r = 0,25$.

Исследованиями была установлена отчетливо выраженная динамика агрогенного изменения калийного режима почв используемых в сельскохозяйственном производстве. На залежи содержание обменного калия в почве было в 2-3 раза ниже, чем в почве, используемой в сельскохозяйственном производстве. Динамика содержания K_2O по годам исследований была аналогична динамике его содержания при нулевой обработке (рис.).

Регрессионный анализ результатов исследований позволил установить трендовые модели изменения калийного режима чернозема обыкновенного при применении приемов минимализации обработки чернозема обыкновенного и прямого посева в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР. При наибольшей среднегодовой обеспеченности почвы обменным калием при отвальной обработке – ежегодной вспашке на глубину 20-22 см – $104,3$ мг/кг почвы прослеживается тенденция наиболее интенсивного его снижения в системе севооборота $y = -0,918x + 1863$, что связано с получением более высокой урожайности культур по сравнению с другими изучаемыми приемами обработки и большим выносом обменного калия из почвы.

Заключение

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР при минимализации обработки почвы отмечается снижение уровня обеспеченности чернозема обыкновенного и, соответственно, выращиваемых культур обменным калием в течение вегетационного периода. С нарастанием срока использования минимальной обработки почвы эта тенденция

усиливается. Однако, начиная с четвертого года применения технологии No-till, отмечается рост содержания обменного калия в черноземе обыкновенном по сравнению с обрабатываемой почвой.

На основании регрессионного анализа результатов исследований установлены закономерности и трендовые модели изменения калийного режима чернозема обыкновенного при применении приемов минимализации обработки почвы и прямого посева в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР. При наибольшей среднегодовой обеспеченности почвы обменным калием при отвальной обработке – ежегодной вспашке на глубину 20-22 см в севообороте – 104,3 мг/кг почвы прослеживается тенденция наиболее интенсивного его снижения в системе севооборота $y = -0,918x + 1863$, что связано с получением большей урожайности культур по сравнению с другими изучаемыми обработками и большим отчуждением обменного калия из почвы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Власенко А.Н. Разработка технологий No-till на черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири / А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 20-22.
2. Дорожко Г.Р. Влияние длительного применения прямого сева на основные факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, О.Г. Шабалдас и др. // Земледелие. – 2017. – № 7. – С. 7-10.
3. Glab T. Effect of organic farming on a StagnicLuvsoi soil physicatquality / T. Glab, K. Puzynska, S. Puzynska et al. // Geoderma. – 2016. – № 282. – P. 16-25.
4. Дридигер В.К. Влияние технологии No-till на содержание продуктивной влаги и плотность чернозема выщелоченного Центрального Предкавказья / В.К. Дридигер, Е.Б. Дрепа, А.Г. Матвеев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 12. – С. 283.
5. Вольтарес И.А. Влияние традиционной технологии возделывания и прямого посева полевых культур на агрофизические факторы почвенного плодородия чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения / И.А. Вольтарес, О.И. Власова, Л.В. Трубачева и др. // Агрофизика. – 2018. – № 4. – С. 24-30.
6. Романов В.Н. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику увлажнения и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / В.Н. Романов, В.К. Ивченко, О.И. Ивченко и др. // Достижения науки техники АПК. – 2018. – Т. 32. № 5. – С. 32-34.
7. Гармашов В.М. Биологическая активность чернозема обыкновенного при минимализации обработки и прямом посеве / В.М. Гармашов, Л.В. Гармашова // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. – № 2 (104). – Часть 1. – С. 145-148.
8. Новоселов С.И. Влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборотов с различными видами паров / С.И. Новоселов, Н.И. Толмачев, А.В. Муржинова // Плодородие. – 2014. – № 5. – С. 14-15.
9. Пироженко В.В. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области / В.В. Пироженко // Достижения науки и техники АПК. – 2019. Т. 33, – № 4. – С.
10. Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
11. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 2004. – 719 с.
12. Дридигер В.К. Методические подходы к изучению систем земледелия без обработки почвы / В.К. Дридигер // Земледелие. – 2014. – № 7. – С. 24-27.
13. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / Под ред. Иванова А.Л., Кирюшина В.И. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. – 136 с.
14. Дридигер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимализации обработки почвы и прямому посеву: методические рекомендации / В.К. Дридигер. – Ставрополь: Сервисшкола, 2020. – 69 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vlasenko A.N. Razrabotka tehnologij No-till na chernozeme vyshhelochennom lesostepi Zapadnoj Sibiri [Development of No-till technologies on leached chernozem of the forest-steppe of Western Siberia] / A.N. Vlasenko, N.G. Vlasenko, N.A. Korotkikh // Zemledelie [Agriculture]. - 2011. -No. 5. - pp. 20-22. [in Russian]
2. Dorozhko G.R. Vlijanie dlitel'nogo primenenija prjamogo seva na osnovnye faktory plodorodija pochvy i urozhajnost' ozimoy pshenicy v usloviyah zasushlivoj zony [Influence of long-term use of direct sowing on the main factors of soil fertility and yield of winter wheat in arid zone] / G.R. Dorozhko, O.I. Vlasova, O.G. Shabaldas et al. // Zemledelie [Agriculture]. - 2017. - No. 7. - pp. 7-10. [in Russian]
3. Glab T. Effect of organic farming on a StagnicLuvsoi soil physicatquality / T. Glab, K. Puzynska, S. Puzynska et al. // Geoderma. - 2016. - No. 282. - p. 16-25.
4. Dridiger V.K. Vlijanie tehnologii No-till na sodержanie produktivnoj vlagi i plotnost' chernozema vyshhelochennogo Central'nogo Predkavkaz'ja [Influence of No-till technology on the content of productive moisture and density of leached chernozem of the Central Caucasus] / V.K. Dridiger, E.B. Drepa, A.G. Matveev // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern problems of science and education]. - 2015. - No. 12. - p. 283. [in Russian]
5. Voltares I.A. Vlijanie tradicionnoj tehnologii vzdelyvaniya i prjamogo poseva polevyh kul'tur na agrofizicheskie faktory pochvennogo plodorodija chernozema obyknovennogo v zone neustojchivogo uvlazhnenija [Influence of traditional technology of cultivation and direct sowing of field crops on agrophysical factors of soil fertility of ordinary chernozem in the zone of unstable moisture] / I.A. Voltares, O.I. Vlasova, L.V. Trubacheva et al. // Agrofizika [Agrophysics]. - 2018. - No. 4. - pp. 24-30. [in Russian]
6. Romanov V.N. Vlijanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote na dinamiku uvlazhennosti i agrofizicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo [Influence of basic tillage techniques in crop rotation on moisture dynamics and

agrophysical properties of leached chernozem] / V.N. Romanov, V.K. Ivchenko, O.I. Ivchenko et al. // Dostizhenija nauki tehniki APK [Achievements of science and technology of agriculture]. - 2018. - Vol. 32. No. 5. - pp. 32-34. [in Russian]

7. Garmashov V.M. Biologicheskaja aktivnost' chernozema obyknovennogo pri minimalizacii obrabotki i prjamom poseve [Biological activity of ordinary chernozem with minimization of processing and direct sowing] / V.M. Garmashov, L.V. Garmashova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. 2021. – № 2 (104). - Part 1. - pp. 145-148. [in Russian]

8. Novoselov S.I. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na produktivnost' sevooborotov s razlichnymi vidami parov [The influence of mineral fertilizers on the productivity of crop rotations with different types of vapors] / S.I. Novoselov, N.I. Tolmachev, A.V. Murzhinova // Plodorodie [Fertility]. - 2014. - No. 5. - pp. 14-15. [in Russian]

9. Pirozhenko V.V. Monitoring sostojanija plodorodija pahotnyh pochv Kurskoj oblasti [Monitoring of the state of fertility of arable soils of the Kursk region] / V.V. Pirozhenko // Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. - 2019. Vol. 33, - No. 4. - P. [in Russian]

10. Prokoshev V.V. Kalij i kalijnye udobrenija [Potassium and potash fertilizers] / V.V. Prokoshev, I.P. Deryugin. - M.: Ledum, 2000— - 185 p. [in Russian]

11. Mineev V.G. Agrohimiya [Agrochemistry] / V.G. Mineev. - M.: Kolos, 2004— - 719 p. [in Russian]

12. Dridiger V.K. Metodicheskie podhody k izucheniju sistem zemledelija bez obrabotki pochvy [Methodological approaches to the study of farming systems without tillage] / V.K. Dridiger // Zemledelie [Agriculture]. - 2014. - No. 7. - pp. 24-27. [in Russian]

13. Metodicheskie rekomendacii po razrabotke minimal'nyh sistem obrabotki pochvy i prjamogo poseva [Methodological recommendations for the development of minimal systems of tillage and direct sowing] / Ed. Ivanova A.L., Kiryushina V.I. M.: IBA Publishing House LLC, 2019. - 136 p [in Russian]

14. Dridiger V.K. Osobennosti provedenija nauchnyh issledovanij po minimalizacii obrabotki pochvy i prjamomu posevu: metodicheskie rekomendacii [Features of scientific research on minimizing tillage and direct sowing: methodological recommendations] / V.K. Dridiger. - Stavropol: Service School, 2020. - 69 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.022>

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОТИРОВКИ ЯИЦ

Научная статья

Демьяненко А.И.*

Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан

* Корреспондирующий автор (dedan54[at]mail.ru)

Аннотация

Птицеводство - отрасль сельского хозяйства, в задачу которой входит разведение, кормление, содержание и использование разных видов и пород сельскохозяйственной птицы в целях производства яиц, мяса, пера, пуха.

Одной из главных задач птицеводства является увеличение производства диетических и высококалорийных продуктов – яиц и мяса птицы до уровня, обеспечивающего потребление их в соответствии с научно-обоснованными нормами питания людей. Поскольку производство яиц является одним из важных составляющих элементов работы птицеводческих предприятий, то актуальными становятся вопросы совершенствования технологического процесса сортировки яиц, например, по качественным показателям, совершенствование логистических операций при организации процесса сортировки, автоматизация процесса сортировки.

Ключевые слова: птицеводство, яйцо куриное, сортировка, производство, сортировочное оборудование.

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE STRUCTURE OF EGG PROCESSING

Research article

Demyanenko A.I.*

Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

* Corresponding author (dedan54[at]mail.ru)

Abstract

Poultry farming is a branch of agriculture that includes breeding, feeding, keeping and using different types and breeds of poultry for the production of eggs, meat, feathers, and down.

One of the main tasks of poultry farming is to increase the production of dietary and high-calorie products, such as eggs and poultry meat, to a level that ensures their consumption in accordance with scientifically approved human nutrition standards. Since egg production is one of the important components of the work of poultry enterprises, the issues of improving the technology of egg processing, for example, by quality indicators, improving logistics operations in organizing the processing, and its automation, become relevant.

Keywords: poultry farming, chicken egg, sorting, production, sorting equipment.

Постановка задач анализа

Современное интенсивное птицеводство основано на специализации, концентрации и кооперировании производства, применении комплексной механизации и автоматизации, обеспечивающих высокую производительность труда, на равномерном круглогодичном поточном производстве продукции. Основой производства птицеводческой продукции является специализация и концентрация.

Решение поставленных перед птицеводческой отраслью задач требует создания новых технологических процессов и оборудования, а также совершенствование существующих. Особая роль при этом отводится устройствам для определения качества и сортировки яиц, поскольку в технологических процессах производства яиц они играют определяющую роль в выпуске качественной продукции [1], [2].

Высокая экономическая эффективность процесса производства яиц может быть достигнута только за счет того, что процесс будет вестись в оптимальном режиме, особую значимость при этом имеет ведение в оптимальном режиме технологических операций связанных с определением качества яиц и их сортировки. Большое значение для повышения эффективности и качества процесса сортировки яиц имеет и правильный выбор метода и способа определения качества и весовой категории яиц.

Следовательно, возникает задача оптимизации технологического процесса производства яиц, в частности их сортировки, путем оптимизации управления существующим технологическим оборудованием для сортировки, правильного выбора метода определения качества и категории яиц, сокращения операций транспортировки или разработки новых методов и устройств для сортировки, оптимизирующих этот процесс.

Структура процесса и операций сортировки яиц

В общем случае на птицефабриках яичного направления имеются следующие цеха: получения инкубационных яиц, выращивания ремонтного молодняка для комплектования родительского и промышленного стад, производства яиц. Завершающий этап процесса - сортировка, маркировка и упаковка яиц для реализации - производится на яйцескладе, который оборудуют с учетом объема выпускаемой продукции, производимой предприятием [3], [4].

В зависимости от того, для чего предназначаются яйца – для длительного хранения, для краткосрочного хранения, для реализации через торговую сеть или для переработки в другие виды продукции, применяют те или иные машины для обработки яиц и в соответствии с этим формируется структура технологического процесса сортировки яиц. Выбор структуры и оборудования для построения технологического процесса сортировки является задачей оптимизационного, многокритериального характера, от решения которой во многом зависит экономическая эффективность технологического процесса.

Задача построения технологического процесса сортировки яиц может быть сформулирована, по аналогии с [5], следующим образом: из множества возможных вариантов построения технологического процесса сортировки для конкретных условий функционирования нужно выбрать и обосновать такой, который обеспечивает решение заданного набора функциональных задач с заданным качеством их выполнения при минимуме капитальных и эксплуатационных затрат с учетом обеспечения возможности функционирования в условиях прогнозируемого изменения состава задач технологического процесса.

Таким образом, в технологическом процессе сортировки яиц можно выделить:

- технологические операции;
- операции перемещения;
- операции контроля, учета и управления.

В результате проведенного анализа можно выделить следующие технологические операции, составляющие технологический процесс сортировки яиц:

- сбор яиц от куриц-несушек;
- транспортировка яиц конвейерным транспортом к месту обработки;
- укладка яиц в лотки и лотков в ящики;
- транспортировка ящиков к транспорту;
- погрузка ящиков на колесный транспорт;
- транспортировка ящиков колесным транспортом к месту обработки;
- перегрузка ящиков с колесного транспорта на конвейерный транспорт;
- транспортировка ящиков конвейерным транспортом;
- перегрузка ящиков с конвейерного транспорта на пол;
- выгрузка лотков из ящиков;
- выгрузка яиц из лотков;
- мойка или сухая очистка скорлупы яиц от загрязнений;
- сушка яиц после мойки;
- определение качества яиц методом овулоскопии;
- сортировка яиц на весовые категории;
- маркировка яиц.

При этом многие операции могут совершаться вручную, а могут быть произведены при помощи специальных устройств или машин, а это значит, что в течении всего технологического процесса сортировки яйца подвергаются механическому воздействию со стороны рук человека при ручной сортировке, или рабочих органов яйцесортировочных устройств или машин при автоматизированной сортировке. По способу воздействия рабочих органов яйцесортирующих устройств или машин на объект труда, весь технологический процесс сортировки яиц можно отнести к механическим процессам [6], движущей силой которых является сила механического давления.

Для изучения возможного характера движения яиц в ходе технологического процесса сортировки, а так - же с целью выявления возможных недостатков в технологическом процессе сортировки яиц и организации оптимального по качеству сортировки, производительности и затратам процесса сортировки. Для этого необходимо определить возможные структурные схемы построения процесса сортировки яиц при требуемом или заданном наборе функций, выявить допустимые параметры процесса, такие как максимально допустимые силы воздействия на яйцо со стороны рабочих органов устройств и машин, а также скорости движения этих органов.

Основываясь на анализе технологических операций, составляющих технологический процесс сортировки яиц и их возможного взаимодействия между собой в ходе осуществления этого процесса, была предложена схема организации структур технологического процесса сортировки яиц. Схема позволяет наглядно представлять все возможные структуры технологического процесса сортировки яиц при всех возможных наборах функций этого процесса и анализировать его с точки зрения оптимальности (см. рисунок 1).

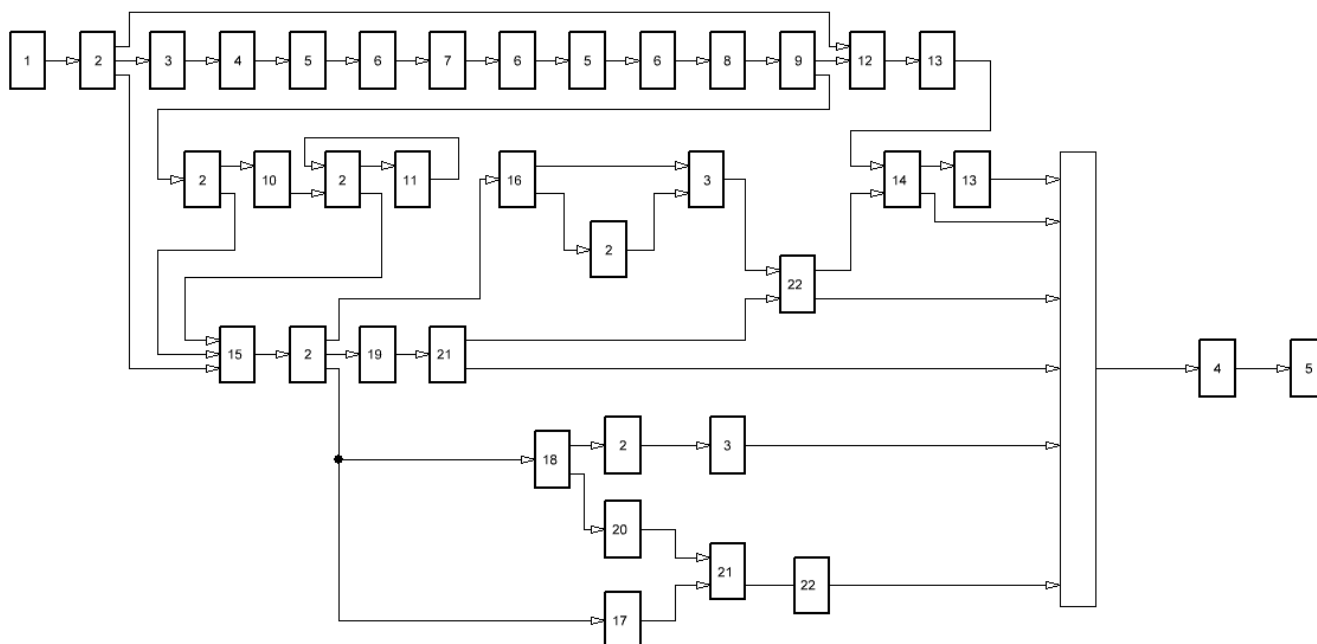


Рис. 1 – Обобщенная структурная схема процесса сортировки яиц

На основе схемы (см. рисунок 1) возможно, задавшись предварительно набором необходимых технологических операций, выбрать наиболее оптимальную схему построения технологического процесса сортировки, предполагающую наиболее короткие маршруты движения яиц в ходе процесса, а так - же решать обратную задачу, т.е. задавшись определенными критериями качества процесса, например максимальной производительностью, определить необходимый для этого набор технологических операций и организацию связей между ними.

Вершинами схемы являются технологические операции, совершаемые в ходе технологического процесса сортировки, а переходы между вершинами показывают как эти операции могут быть связаны между собой в ходе процесса сортировки.

Номера внутри вершин обозначают следующие технологические операции:

- 1 - сбор яиц от куриц несушек;
- 2 - транспортировка яиц транспортером;
- 3 - укладка яиц в лотки;
- 4 - укладка лотков в ящики;
- 5 - транспортировка ящиков не колесным транспортом;
- 6 - перегрузка ящиков;
- 7 - транспортировка ящиков колесным транспортом;
- 8 - выгрузка лотков из ящиков;
- 9 - выгрузка яиц из лотков;
- 10 - мойка или сухая очистка яиц;
- 11 - сушка или дезинфекция яиц;
- 12 - ручное определение качества яиц;
- 13 - ручная сортировка яиц по весу;
- 14 - ручная маркировка яиц и ящиков;
- 15 - определения качества яиц при помощи специальных устройств;
- 16 - сортировка яиц по весу при помощи специальных устройств;
- 17 - сортировка яиц по весу при помощи специальных устройств с одновременной их ориентацией;
- 18 - сортировка яиц по весу при помощи специальных устройств с одновременной их маркировкой;
- 19 - сортировка яиц по весу при помощи специальных устройств с одновременной их маркировкой и ориентацией;
- 20 - транспортировка яиц специальными транспортно - ориентирующими устройствами;
- 21 - укладка яиц в лотки при помощи специальных устройств;
- 22 - транспортировка лотков.

Использование схемы (см. рисунок 1) предполагает соблюдение следующих правил. Обход вершин схемы (технологических операций) следует производить по направлению стрелок. Некоторые вершины имеют ветвления, при этом если в вершину слева входит один переход, а выходит справа несколько, то это означает, что технологическая операция обозначенная этой вершиной, может быть использована при проектировании возможных структур технологического процесса в совокупности с последующими технологическими операциями столько раз, сколько переходов связывает эту вершину с последующими вершинами.

Если вершину схемы (см. рисунок 1) связывает с предыдущими вершинами несколько переходов, а с последующими один, то это означает, что технологическая операция, обозначенная этой вершиной, может быть использована при проектировании возможных структур технологического процесса сортировки в совокупности с предыдущими технологическими операциями столько раз, сколько переходов связывает эту вершину с предыдущими вершинами.

Если вершину схемы с предыдущими и последующими вершинами связывает несколько переходов, то использование технологической операции, обозначенной этой вершиной, при проектировании возможных структур технологического процесса сортировки может быть произведено столько раз, сколько переходов связывает эту вершину с предыдущими и последующими вершинами схемы.

Анализируя возможные структурные схемы построения технологического процесса сортировки яиц можно заметить, что весь процесс условно делится на две части: неизменяемую, на которую нельзя или очень сложно оказать воздействие с целью ее изменения, и изменяемую, которую можно изменять теми или иными способами с целью оптимизации процесса сортировки.

С целью выбора оптимального состава устройств, реализующих процесс сортировки яиц, был проведен анализ изменяемой части технологического процесса с целью выбора способов ее изменения, а именно, операции определения качества яиц, их сортировки по весовым категориям, маркировки, ориентации, укладки в лотки, а так же транспортные операции, объединяющие между собой в единое целое все вышеперечисленные технологические операции.

Рассмотренные составляющие технологического процесса сортировки яиц и логистические связи между ними позволяют сделать вывод, что процесс может быть оптимизирован на основе выбора методов сортировки, соответствующего яйцесортировочного оборудования и технических средств управления ими. В качестве управляющих устройств могут быть использованы устройства, реализующие методы аналогового или дискретного управления, а также системы на основе принятия решений при неопределенных входных данных [7], [8] (fuzzy системы), или системы на основе искусственного интеллекта [9].

На основе анализа технологического процесса сортировки яиц, а так же машин и устройств, осуществляющих этот процесс, были выделены вопросы, которые требуют решения при организации оптимального технологического процесса сортировки яиц. С целью улучшения процесса сортировки яиц были предложены структурные схемы, позволяющие принимать решения по организации оптимального по заданным критериям технологического процесса сортировки яиц [10], [11], [15], [16].

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ожерельева А. Особенности национальной сортировки / А. Ожерельева // *Агротехника и технологии* №2. Март-май 2007. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/agrotechnika/2/>. (дата обращения: 12.11.2021)
2. Жебит М. Сортировка по требованию / М. Жебит, С. Шевелев // *Агротехника и технологии* №3. Май-июнь 2010. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/agrotechnika/19/>. (дата обращения: 12.11.2021)
3. Кругалев С.С. Переработка яиц в СССР и за рубежом: Обзорная информация / С.С. Кругалев, Т.И. Петрова, Н.А. Ткачева и др. –М.: АгроНИИТЭИ-МПП. 1990. -48 с.:ил.
4. Алексеев Ф. Ф. Промышленное птицеводство / Ф. Ф. Алексеев, М. А. Асриян, Н. Б. Бельченко и др. Агропромиздат. 1991. 544 с.
5. Птицеперерабатывающая промышленность. № 1-12. 1973-1993 г.г. –М.: ЦНИИТЭИмясомолпром. -49 с.
6. Стабников В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. / В.И. Стабников, В.Д. Попов, В.М. Лысанский и др. Учебн. для студ. высш. учебн. завед./Изд. 3-е, перераб. и доп. –М.: Пищевая промышленность, 1976. -654 с.
7. Ospanov Y.A. Mathematical modeling and decision-making on controlling modes of technological objects in the fuzzy environment / Y.A. Ospanov, B.B. Orazbayev, K.N. Orazbayeva // *Proceccings of World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*. 27 September 2016, Article number 7578783. P. 103-108.
8. Ospanov Y.A. Automated systems for main oil pipelines diagnostics and control / Y.A. Ospanov, Z.Z. Moldasheva, T.Z. Toleuov et al. // *The 17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII) DIGITAL MEETING*. July 18-23, 2021. P. 1-6.
9. Демьяненко А.И. Система автоматического управления сортировкой холодильных яиц по массе и фасовкой в тару / А.И. Демьяненко, А.Г. Сарваниди // *Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Холод – народному хозяйству"*. –Л.: 1991 г. С. 1.
10. Фрезергер А.Д. Система управления устройством для сортировки яиц / А.Д. Фрезергер, А.Г. Сарваниди, А.И. Демьяненко // *Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Физические методы обработки пищевых продуктов"*. –М.: МИПБ. 1991 г. С.49.
11. Демьяненко А.И. Устройство для сортировки яиц / А.И. Демьяненко, А.Г. Сарваниди // *Новости науки Казахстана. Серия: Развитие современной науки. Будущее науки. Выпуск 4.* – Алма-Ата.: 1991 г. С. 47.
12. Демьяненко А.И. Методы определения качества и категории яиц / А.И. Демьяненко // *Аналитический обзор. КазГосИНТИ.* –Семипалатинск. 1994 г. 1,5 п.л.
13. Демьяненко А.И. Устройства для сортировки яиц / А.И. Демьяненко // *Аналитический обзор. КазГосИНТИ.* –Семипалатинск. 1994 г. 2,0 п.л.
14. Демьяненко А.И. Устройство для сортировки по весу, маркировки и упаковки N сортов яиц / А.И. Демьяненко, А.Г. Сарваниди. Патент России № 2047292. Заявлено 20.05.91 г. Опубликовано 10.11.95 г. Бюл. № 31.
15. Демьяненко А.И. Интенсификация технологических процессов на птицеводческих предприятиях / А.И. Демьяненко // *Вестник Семипалатинского государственного университета имени Шакарима*, № 4. –Семипалатинск. 2002 г. С. 20-26.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kolereva A. Osobennosti nacional'noj sortirovki [Features of national sorting] / A. Ozhereleva // *Agrotechnika i tekhnologii [Agrotechnics and technologies]* No. 2. March-May 2007. [Electronic resource]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/agrotechnika/2/>. (accessed: 12.11.2021) [in Russian]

2. Zhebit M. Sortirovka po trebovaniju [Sorting on demand] / Maria Zhebit, Sergey Shevelev // Agrotehnika i tehnologii [Agrotechnics and technologies] No.3. May-June 2010. [Electronic resource]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/agrotehnika/19/>. (accessed: 12.11.2021) [in Russian]
3. Krugalev S.S. Pererabotka jaic v SSSR i za rubezhom: Obzornaja informacija [Egg processing in the USSR and abroad: Overview] / S.S. Krugalev, T.I. Petrova, N.A. Tkacheva et al. -M.: Agronitei-MPP. 1990. -48 p. [in Russian]
4. Alekseev F. F. Promyshlennoe pticevodstvo [Industrial poultry farming] / F. F. Alekseev, M. A. Asriyan, N. B. Belchenko et al. Agropromizdat. 1991. 544 p. [in Russian]
5. Pticepererabatyvayushhaja promyshlennost' [Poultry processing industry]. No. 1-12. 1973-1993 -Moscow: Tsniiteimyasomolprom. -49 p. [in Russian]
6. Stabnikov V.I. Processy i apparaty pishhevyykh proizvodstv [Processes and apparatuses of food production] / V.I. Stabnikov, V.D. Popov, V.M. Lysyansky et al. Textbook. for students. higher. textbook. institution.//3rd Ed., reprint. and additional -M.: Food industry, 1976. -654 p. [in Russian]
7. Ospanov Y.A. Mathematical modeling and decision-making on controlling modes of technological objects in the fuzzy environment / Y.A. Ospanov, B.B. Orazbayev, K.N. Orazbayeva // Proceedings of World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA). 27 September 2016, Article number 7578783. P. 103-108.
8. Ospanov Y.A. Automated systems for main oil pipelines diagnostics and control / Y.A. Ospanov, Z.Z. Moldasheva, T.Z. Toleuov et al. // The 17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII) Digital Meeting. July 18-23, 2021. pp. 1-6.
9. Demyanenko A.I. Sistema avtomaticheskogo upravleniya sortirovkoj holodnikovyykh jaic po masse i fasovkoj v taru [Automatic control system for sorting cold eggs by weight and packing in containers] / A.I. Demyanenko, A.G. Sarvanidi // Tezisy dokladov Vsesojuznoj nauchno-tehnicheskoy konferencii "Holod – narodnomu hozjajstvu" [Abstracts of reports of the All-Union Scientific and Technical Conference "Cold to the national economy"]. -L.: 1991 p. 1. [in Russian]
10. Frezorger A.D. Sistema upravleniya ustroystvom dlja sortirovki jaic [Control system of the device for sorting eggs] / A.D. Frezorger, A.G. Sarvanidi, A.I. Demyanenko // Tezisy dokladov Vsesojuznoj nauchno-tehnicheskoy konferencii "Fizicheskie metody obrabotki pishhevyykh produktov" [Abstracts of reports of the All-Union Scientific and Technical Conference "Physical methods of food processing"]. - Moscow: MIPB. 1991 p.49. [in Russian]
11. Demyanenko A.I. . Ustroystvo dlja sortirovki jaic [Device for sorting eggs] / A.I. Demyanenko, A.G. Sarvanidi // Novosti nauki Kazakhstana. Seriya: Razvitie sovremennoj nauki. Budushhee nauki [News of science of Kazakhstan. Series: Development of Modern Science. The future of science]. Issue 4. - Alma-Ata.: 1991 p. 47. [in Russian]
12. Demyanenko A.I. Metody opredeleniya kachestva i kategorii jaic [Methods for determining the quality and category of eggs] / A.I. Demyanenko // Analiticheskij obzor. KazGosINTI [Analytical review. KazGosINTI]. - Semipalatinsk. 1994 1.5 p.1 [in Russian]
13. Demyanenko A.I. Ustroystva dlja sortirovki jaic [Devices for sorting eggs] / A.I. Demyanenko // Analiticheskij obzor. KazGosINTI [Analytical review. KazGosINTI]. - Semipalatinsk. 1994 2.0 p.1. [in Russian]
14. Demyanenko A.I. Ustroystvo dlja sortirovki po vesu, markirovki i upakovki N sortov jaic [Device for sorting by weight, labeling and packaging of N varieties of eggs] / A.I. Demyanenko, A.G. Sarvanidi. Russian Patent No. 2047292. Announced on 20.05.91, Published on 10.11.95, Byul. No. 31. [in Russian]
15. Demyanenko A.I. Intensifikacija tehnologicheskikh processov na pticevodcheskikh predpriyatiyah [Intensification of technological processes at poultry enterprises] / A.I. Demyanenko // Vestnik Semipalatinskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima [Bulletin of Semipalatinsk State University named after Shakarim], No. 4. -Semipalatinsk. 2002, pp. 20-26. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.023>**ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВЫХ ОБЩЕГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ
В Г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ**

Обзорная статья

Кайзер Н.В.^{1,*}, Сродных Т.Б.²¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия;² Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (kaiser_nv[at]yahoo.com)

Аннотация

В статье излагаются проблемы становления первых общегородских объектов озеленения и системы озеленения в г. Екатеринбурге на рубеже XVIII–XIX вв. В статье проанализированы результаты исследований в области истории озеленения г. Екатеринбурга, показаны взаимосвязи исторического центра г. Екатеринбурга и озелененных территорий. В рамках данной статьи приведен обзор по градостроительной исторической ситуации г. Екатеринбурга, которая предопределила местоположение первых общественных объектов озеленения. Целью данного обзора является систематизация знаний о предпосылках становления и дальнейшего формирования системы озеленения на фоне градостроительных процессов, происходящих в Екатеринбурге в период времени XVIII–XIX вв. Также в статье особое внимание уделено анализу процесса развития генплана Екатеринбурга на рубеже XVIII–XIX вв., показаны планировочные связи городских территорий с объектами озеленения. Также в статье рассмотрены сдерживающие факторы становления системы озеленения г. Екатеринбурга в XVIII в. – в начале XIX в.

Ключевые слова: озеленение, Екатеринбург, система озеленения, общегородские объекты озеленения.**PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF THE FIRST CITYWIDE LANDSCAPING FACILITIES
IN YEKATERINBURG. AN URBAN PLANNING ASPECT**

Review article

Kayzer N.V.^{1,*}, Srodnykh T.B.²¹ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia;² Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

* Corresponding author (kaiser_nv[at]yahoo.com)

Abstract

The article describes the problems of the formation of the first citywide landscaping facilities and landscaping system in Yekaterinburg in the period between the 18th-19th centuries. The article analyzes the results of research in the field of landscaping history in Yekaterinburg and shows the relationship between the historical center of Yekaterinburg and the landscaped areas. This article provides an overview of the urban historical situation in Yekaterinburg, which predetermined the location of the first public landscaping facilities. The purpose of this review is to systematize the knowledge on the prerequisites for the formation and further formation of the landscaping system against the background of urban planning processes taking place in Yekaterinburg during the 18th-19th centuries. Also, the article pays special attention to the analysis of the development process of the general layout of Yekaterinburg between the 18th and 19th centuries and shows the planning links of urban areas with landscaping objects. The article also discusses the constraining factors related to the formation of the landscaping system of Yekaterinburg in the 18th century and at the beginning of the 19th century.

Keywords: landscaping, Yekaterinburg, landscaping system, citywide landscaping facilities.**Введение**

Территориальный рост крупных городов сопровождается сложными процессами развития урбанизированной среды, в том числе сокращением окружающих город природных массивов, трансформацией исторических зеленых насаждений общего пользования. В разные исторические периоды в Екатеринбурге с его компактной структурой происходила интеграция городской среды, включающей зеленые насаждения, и организованной сферы деятельности человека. Последние десятилетия развитие исторических общегородских объектов озеленения, таких как бульвары, скверы происходило с преобладанием их транзитной функции.

В связи с этим, важно отметить, что общегородские зеленые насаждения были вовлечены в городскую пространственную структуру не сразу после образования города (1723 г.), а спустя почти 100 лет, когда в начале XIX в. появились первые городские бульвары. Проблема становления первых общегородских объектов озеленения может быть рассмотрена в связи с развитием градостроительной концепций, формирующей пространство города для обеспечения оптимальной жизнедеятельности человека. Так, в XIX в. расположение зеленых насаждений общего пользования согласуется с регулярной упорядоченностью городской структурой.

Основная часть

На рубеже XVIII–XIX веков в Екатеринбурге важнейшее значение приобретает преобразование городской планировочной структуры, которое осуществлялось на государственном уровне [1], [2], что в дальнейшем во многом предопределило закономерное формирование ландшафтного благоустройства центральной части города.

Первоначально в XVIII в. компактная планировка Екатеринбургского завода-крепости (см. рисунок 1-а), центральным элементом которого являлась заводская плотина, отличалась упорядоченным и регулярным характером. На плане крепости, которая занимала 108 371 квадратную сажень (около 49 га) [3], выделялись две симметрично расположенные относительно плотины площади. Сама крепость была расположена в долине реки Исеть и окружена холмистой, лесистой местностью (см. рисунок 1-б).

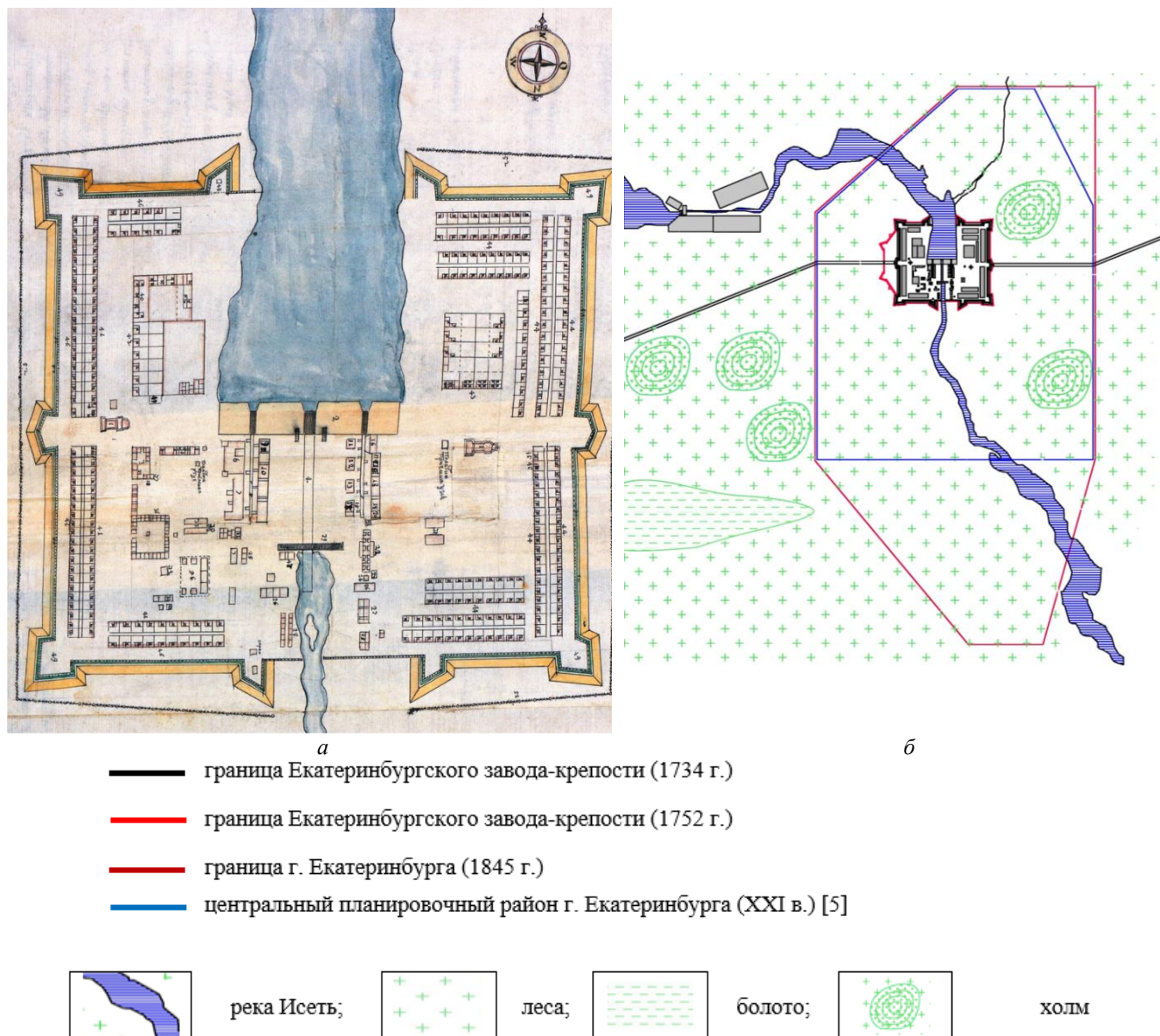


Рис. 1 – Екатеринбург. План завода-крепости с окрестностями:
 а – план Екатеринбурга, 1734 г. [4]; б – схематичный план Екатеринбурга (1734 г.) с окрестностями,
 совмещенный с границами Екатеринбурга в XVIII-XXI вв.

Судя по рисунку 1-а планирование Екатеринбургского завода-крепости сложилось согласно предварительно составленного проекта. Как показано на рисунке 1-б, ландшафтно-планировочная структура Екатеринбургского завода-крепости – расчлененная, подчинена внутренней природной доминанте (направлению реки Исеть), развивалась на основе взаимодействия перпендикулярно расположенных композиционных осей: водно-зеленого диаметра (река Исеть) и главной дороги города (в настоящее время проспект Ленина).

Планировочные элементы (улицы, строения, заводские корпуса) были ориентированы по сторонам света. Как показано на рисунке 2-а, ось главной дороги совпадала с заводской плотиной и проходила в западно-восточном направлении.

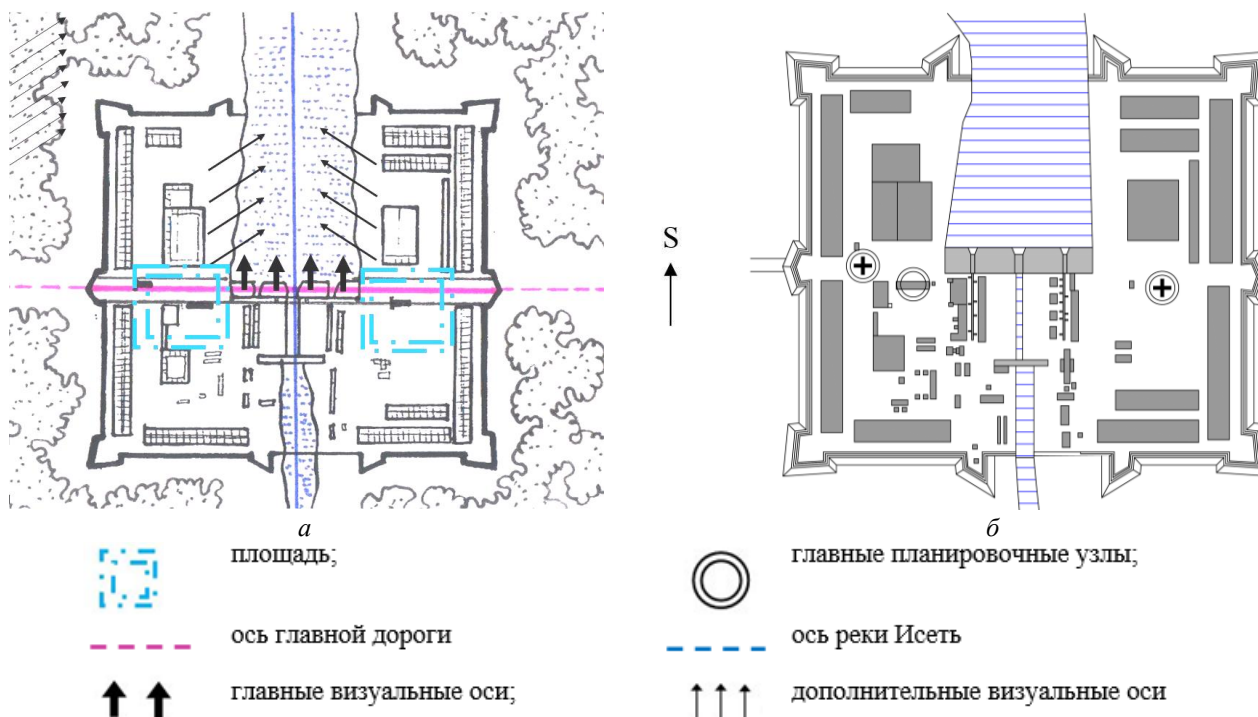


Рис. 2 – Схема Екатеринбургской крепости (на основе плана 1734 г.):

а – ландшафтно-планировочные оси и визуальные взаимосвязи элементов ландшафтно-планировочной структуры, по методике Ю.Б. Хромова [6]; б – схема расположения высотных доминант

На рисунках 2-а и 2-б видно, что вдоль оси, совпадающей с плотиной и главной магистралью, размещены главные планировочные узлы – внутренние высотные (архитектурные) доминанты – церковь Св. Екатерины (в восточной части завода-крепости) и церковь Св. Анны (в западной части завода-крепости) [3], [7], [8], [9]. Строительство доминант способствовало закреплению контуров площадей в пространственной организации города.

Южная часть завода-крепости, фактически являясь промышленной территорией, представляла собой неблагоустроенную зону и оставалась лишенной озеленения до 60-х гг. XX в. (см. рисунок 3).

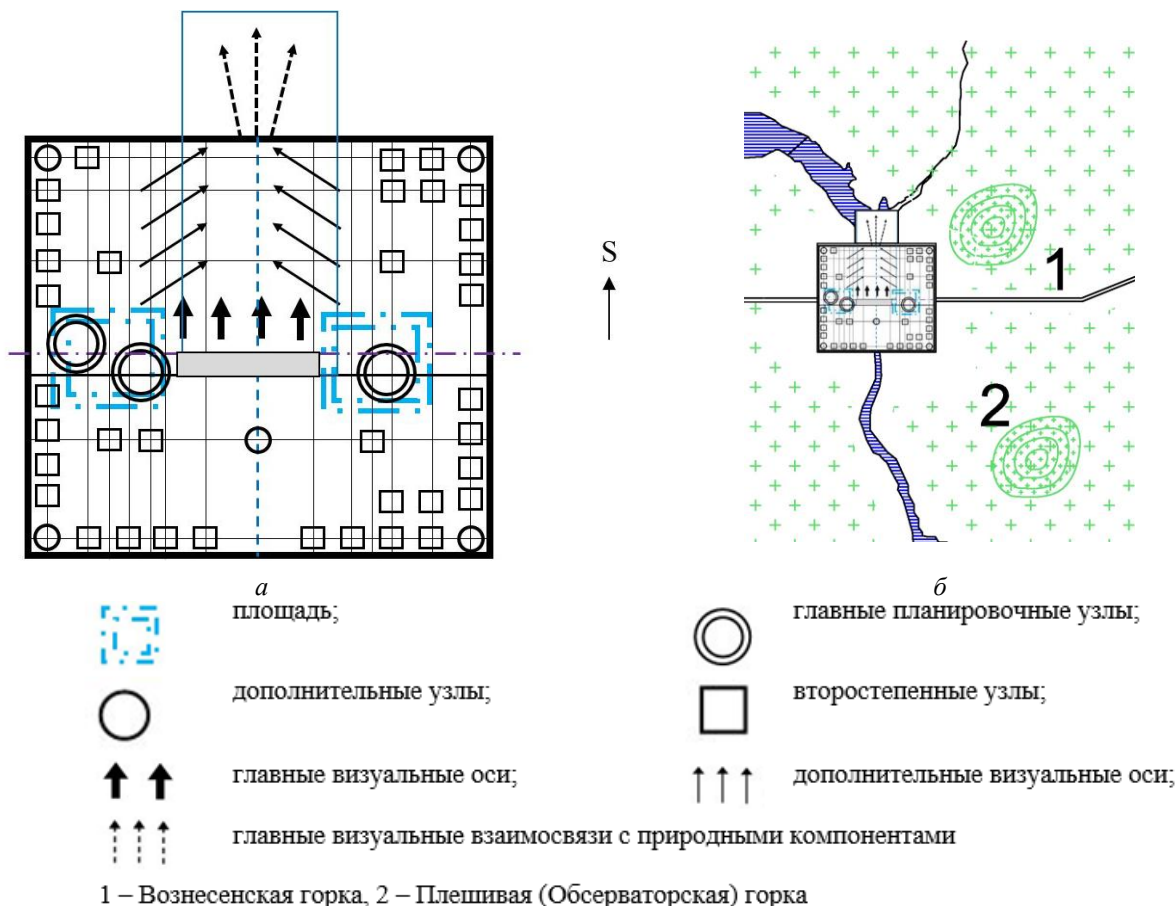


Рис. 3 – Схема Екатеринбургского завода-крепости (на основе плана 1734 г.):

а – схема планировочных узлов Екатеринбургской крепости, по методике Ю.Б. Хромова [6]; б – схема взаимосвязи планировочных узлов Екатеринбургской крепости с окрестностями

Северная граница крепости была открыта в сторону пруда и природных элементов: холмов и массивов зелени, окружающих город (см. рисунок 3, рисунок 4). На рисунках 3-а и 3-б показаны основные и дополнительные визуальные направления в ландшафтно-планировочной структуре завода-крепости первой половины XVIII в., сформированные в основном в северной ориентации на открытые природные доминирующие компоненты – пруд и окружающие Екатеринбург холмы и леса.



Рис. 4 – Вид на Екатеринбургский завод-крепость с Вознесенской горки, вторая половина XVIII в. Фрагмент гравюры М. Махаева [10]

Позже, в конце XVIII – начале XIX вв. в ландшафтно-планировочной структуре Екатеринбурга появились локальные внутригородские взаимосвязи, ориентированные на частновладельческие объекты озеленения – сады и парки [11], [12].

В пространстве Екатеринбургского завода-крепости с момента его основания (1723 г.) начали формироваться предзаводские площади [7], которые закрепили в структуре города территорию общественно значимых пространств, и предопределили размещение некоторых городских скверов в историческом центре в XX-XXI вв.

В западной части Екатеринбурга в первые годы существования завода-крепости возникла Торговая площадь (позже названная Кафедральной, в настоящее время – площадь 1905 года), где в 1734 г. по оси главной дороги и плотины началось строительство первой каменной церкви (церкви Св. Анны).

Городское пространство ближе к плотине занимала еще одна пространственная доминанта, здание Горного правления – второе по величине строение после церкви Св. Екатерины в 30-е гг. XVIII века. Здание располагалось вдоль красной линии центральной улицы (в настоящее время здание Консерватории на пр. Ленина) [3], [13].

После того, как в 30-е гг. XVIII в. произошло существенное изменение конфигурации крепости, когда западная граница крепости была вынесена за пределы прежнего контура [12], [13], Торговая площадь была увеличена. На западной стороне крепостной стены вместо одного центрального бастиона появилось два, в результате внешний контур Екатеринбургской крепости был преобразован в шестиугольник в плане. Новый гостиный двор (построен в 1737–1739 гг.) встал по одной оси со зданием Горного правления; в то время как ранее гостиный двор располагался в глубине квартала ближе к южной границе крепости (см. рисунок 5-а) [3], [7], [8], [12].

В восточной части Екатеринбургского завода-крепости выделялась Екатерининская площадь (позже названная Соборной; с 1919 года – площадь Труда), на которой к осени 1724 г. была построена церковь Св. Екатерины. Позже на месте сгоревшей церкви был построен каменный Екатерининский собор (годы строительства 1758–1768 гг.) по проекту петербургского архитектора Миллера Иоганна Вернера [13], [14]. В 30-е гг. XX века на этом историческом месте был устроен сквер площадью 0,9 га.

На более позднем плане 1829 г. (см. рисунок 5-б) также видна тенденция формирования открытых пространств в центре города в виде площадей, церковной (левобережной) стороны и общественной (правобережной) стороны [7], [8]. Кроме этого, прослеживается зависимость планировочной структуры от внешнего природного компонента – реки Исет, что также определило характер развития системы озеленения центра города (особенно в XX-XXI вв.) в виде перпендикулярно расположенных зеленых диаметров «север-юг», «запад-восток».

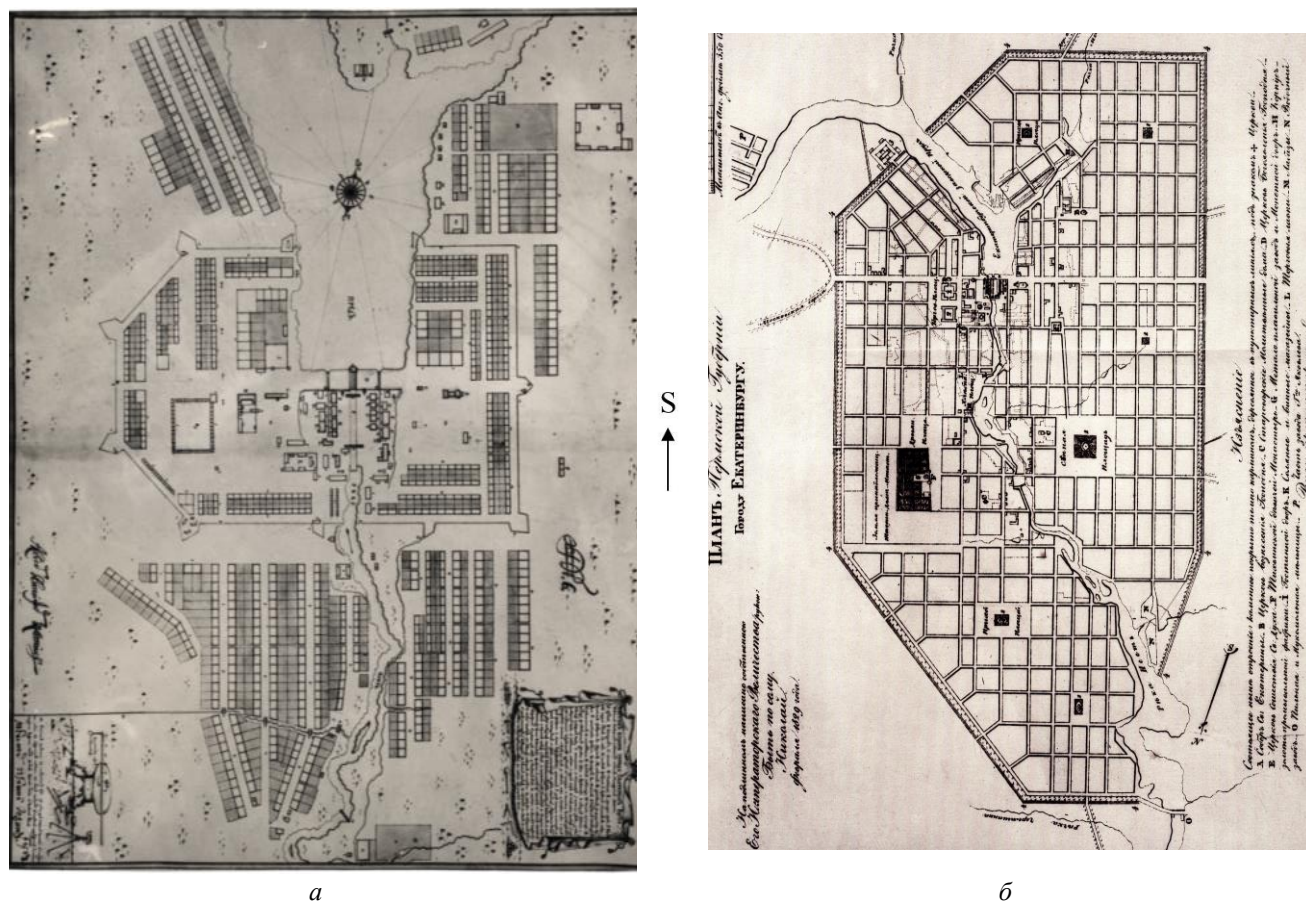


Рис. 5 – Планы Екатеринбурга XVIII-XIX вв. [8]:
 а – план Екатеринбургской крепости, 1743 г.; б – план Екатеринбургской крепости, 1829 г.

Во второй половине XVIII в. крепость претерпела ряд реконструкций, в результате увеличения численности населения и социально-экономического роста города крепостная стена не смогла сдерживать развитие городской застройки. В конце XVIII в. крепостная стена была разобрана [3]. На рубеже XVIII-XIX вв. осуществлялась разработка генплана Екатеринбурга, в которой принимал участие уральский архитектор М. П. Малахов [12]. На плане 1829 г. (см. рисунок 5-б) видно, что в тот период предполагалось осуществить озеленение зелеными бульварами по периметру города. Однако в первой половине в реальности появилась сеть бульваров – это Верх-Исетский бульвар, бульвар на Главном проспекте (пр. Ленина), состоящий из нескольких участков [9], вдоль направления оси главной городской магистрали. С их появлением начала формироваться городская система озеленения. Если принять во внимание, что в 1846 г. население Екатеринбурга исчислялось в 17 647 жителей [15], то удельная площадь общегородских зеленых насаждений составляла 4,5 квадратных метра на одного человека.

В течение XIX в. произошло увеличение площади общегородских насаждений в озеленении города с 1,5 га до 10,4 га (без учета Верх-Исетского бульвара, находящегося в XIX в. за чертой города). Кроме того, в конце XIX в. велось озеленение набережной реки Исеть. Но значительное развитие система озеленения Екатеринбурга получила в XX в. Так, в направлении оси «запад-восток» появляются новые объекты: на западе – парк им. XXII Партсъезда (рядом с Верх-Исетским бульваром); сквер на площади Труда в центре города; сквер около Оперного театра в восточной части города; также увеличивается протяженность бульвара на проспекте Ленина до ул. Восточной.

На рисунке 6 видно, что вдоль одной из главных планировочных осей – русла р. Исеть (направление «север-юг») в течение XX-XXI вв. также развивалась система озелененных общественных пространств. В северной части города, на стрелке городского пруда, был создан стадион Динамо с озелененной территорией.

Вдоль левого берега городского пруда были устроены Литературный сквер и сквер ЮНЕСКО; на противоположном берегу пруда – сквер около Драмтеатра на Набережной Рабочей молодежи.

В южном направлении идет оформление и благоустройство поймы реки Исеть – целая череда скверов и парков: Исторический сквер, Дендрологический парк-выставка (на бывшей Хлебной площади), современно оформленная зеленая зона рекреации до ул. Декабристов. Планируется продолжение набережной и дальше в южном направлении.

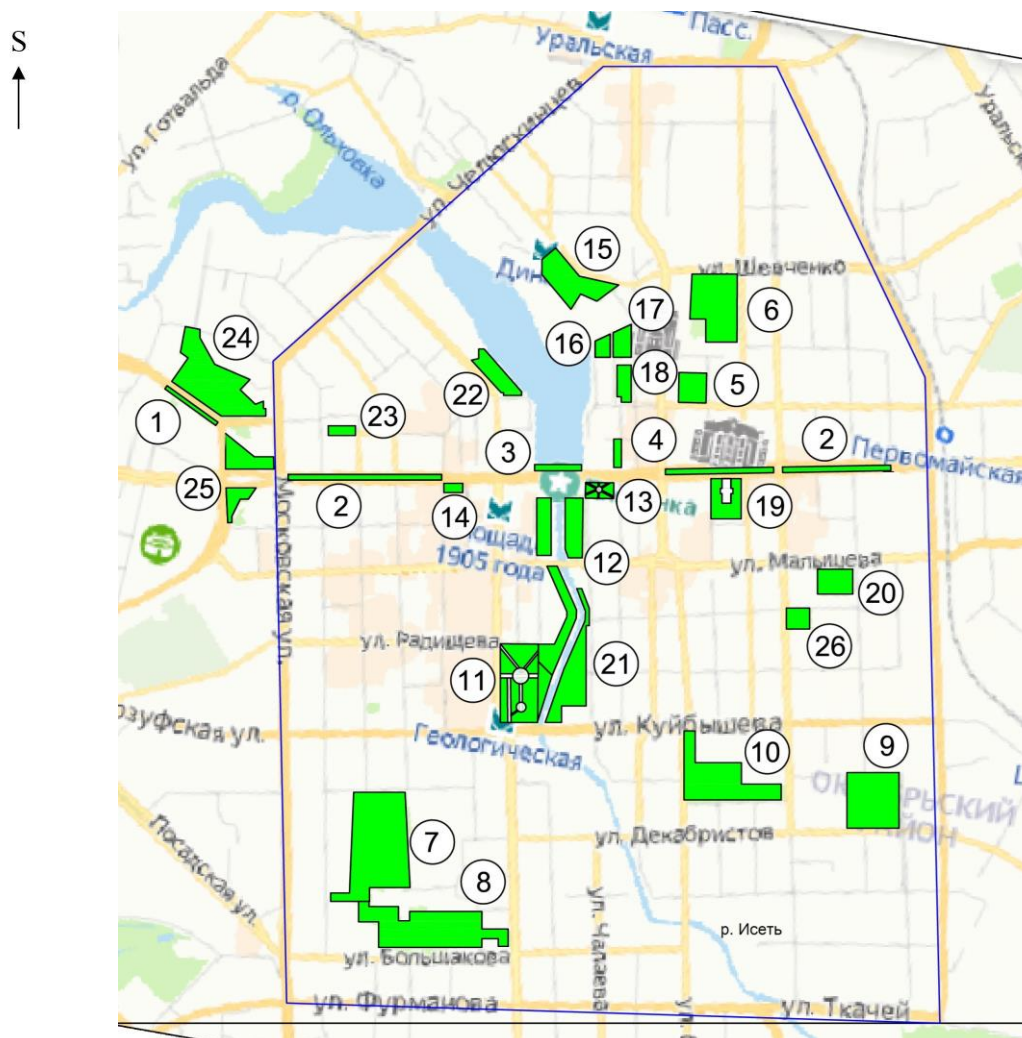


Рис. 6 – Схема озелененных общегородских территорий ЦПР МО «город Екатеринбург», XXI в. (на основе Яндекс.Карты) и прилегающих районов:

- 1 – Верх-Исетский бульвар; 2 – бульвар на пр. Ленина; 3 – сквер на городской плотине; 4 – сквер Попова; 5 – сад Вайнера, 6 – Харитоновский сад, 7 – парк Зеленая роща, 8 – сквер около Дворца Спорта, 9 – парк им. 50-летия Советской власти; 10 – парк им. Павлика Морозова; 11 – Дендрологический парк; 12 – Исторический сквер; 13 – сквер на пл. Труда; 14 – сквер около Пассажа; 15 – сквер им. А. Канделя; 16 – Литературный сквер; 17 – сквер ЮНЕСКО; 18 – парк Литературный квартал; 19 – сквер около Оперного театра; 20 – сад им. Энгельса; 21 – набережная р. Исеть; 22 – сквер около Драмтеатра; 23 – сквер им. купцов Агафуровых; 24 – парк XXII Партсъезда; 25 – сквер у Вечного огня; 26 – сквер около дома М.П. Малахова

К северу от плотины на мысу городского пруда в XX в. заложен спорткомплекс Динамо с озелененными территориями. В XXI в. также продолжает формироваться озеленение городской набережной в северо-западном направлении.

Параллельно основным композиционным осям развития озелененных территорий общественного назначения сформированы локальные объекты озеленения (см. рисунок 6, рисунок 7). В северо-восточной части города на холме был разбит Харитоновский сад – там, где ранее стоял дом главного горного начальника [14], рядом с ним – сад Вайнера; в восточной части города появился сад им. Энгельса и сквер около дома М.П. Малахова; в юго-восточной части – парк Павлика Морозова и парк 50-летия Советской власти, в юго-западной части – парк Зеленая роща и сквер около Дворца спорта.

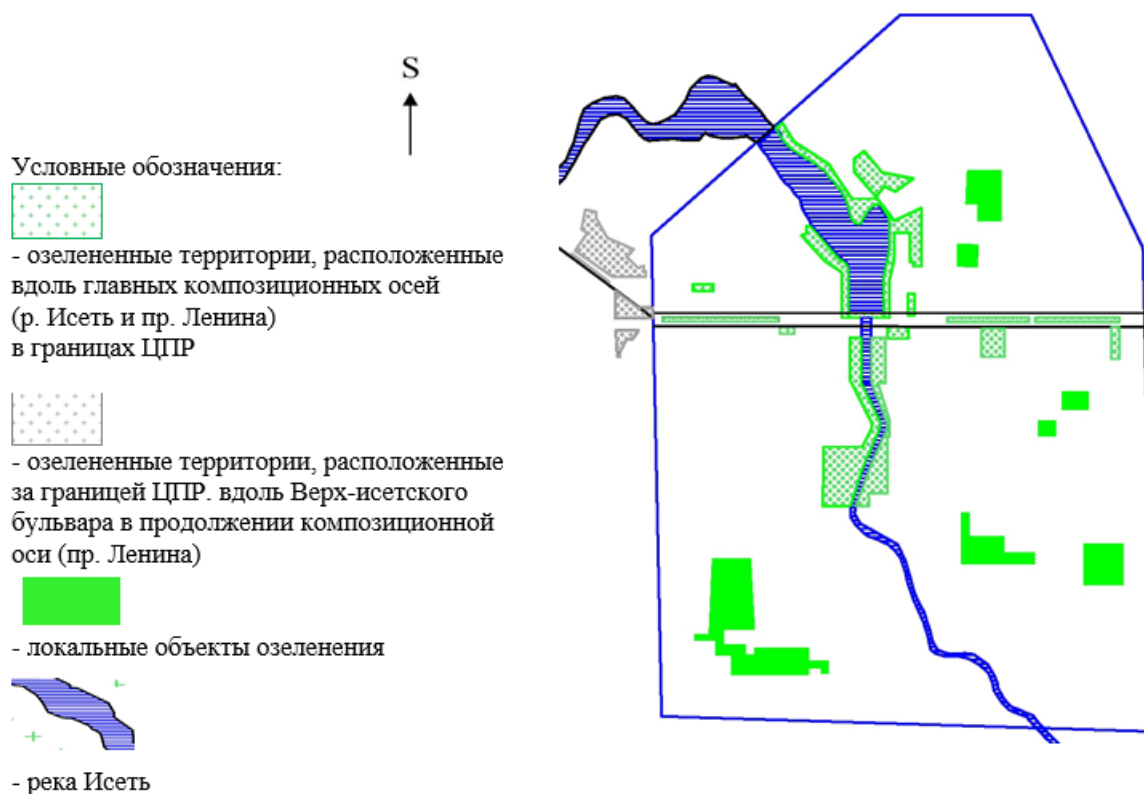


Рис. 7 – Схема развития озелененных общегородских территорий в границах ЦПР МО «город Екатеринбург», XXI в. [5]

На рисунке 7 показано развитие зон озелененных территорий в центральном планировочном районе Екатеринбурга вдоль берегов акватории р. Исеть и проспекта Ленина. По генплану XXI в. планируется выделить центральный планировочный район (ЦПР) Екатеринбурга [16]. Зона озелененных территорий общего пользования в 2019 г. в границах ЦПР составляла 79,9 га, при этом исторические объекты озеленения, созданные в XIX веке, занимают 15 % (их общая площадь 12 га). Обеспеченность общегородскими зелеными насаждениями в ЦПР соответственно составляла на момент 2019 г. около 6,2 квадратных метров на 1 человека, в перспективе к 2035 г. этот показатель должен увеличиться до 9 квадратных метров на 1 человека в основном за счет увеличения планируемых объектов озеленения [16], [17].

Закключение

В результате исследования были установлено, что на начальном этапе формирования системы озеленения в г. Екатеринбурге в XIX в. первые общегородские объекты озеленения строились согласно градостроительной ситуации – регулярного плана с прямолинейной сеткой кварталов и улиц. Расположение исторических объектов озеленения общего пользования, созданных в XIX в., совпало преимущественно с основными композиционными осями: направление «север-юг» и «запад-восток».

В дальнейшем регулярный план способствовал усилению транзитного движения, а главные ландшафтно-планировочные оси предопределили развитие таких объектов озеленения общего пользования, как бульвары и скверы, расположенные в ключевых точках структуры города: вдоль магистралей, набережной р. Исеть.

Кроме того, своеобразная планировочная структура города с двумя предзаводскими площадями и размещением на них главных высотных доминант способствовала выделению в XVIII-XIX вв. трех функциональных узлов – промышленной зоны (с южной стороны плотины), административной и церковной стороны. В XX-XXI вв. после того, как функциональная характеристика этих зон постепенно снизилась, здесь были образованы скверы мемориального назначения, которые дополнили развитие зеленых диаметров.

Главные визуальные взаимосвязи в ландшафтно-планировочной структуре города, сформированные в XVIII в. на внешние доминирующие природные компоненты, в дальнейшем были уравновешены за счет локальных взаимосвязей на внутренние озелененные территории, которые появились в XIX в. и получили масштабное развитие в XX-XXI вв. за счет дальнейшего образования новых озелененных территорий. Первоначальное расположение промышленного квартала в центре завода-крепости, а также тенденция к рассредоточенному размещению в XX в. крупных промышленных узлов, которые не образовывали плотного кольца, изолирующего город от природного окружения, не препятствовали включению природных ландшафтов в городскую среду в виде зеленых клиньев.

В то же время сдерживающим фактором начала формирования первых объектов озеленения общего пользования г. Екатеринбурга в XIX веке являлся длительный процесс утверждения генплана (генплан проходил процедуру разработки, корректировки и утверждения в течение нескольких десятилетий, был утвержден в 1845 г.). Поэтому общегородское озеленение Екатеринбурга началось лишь в 1819 г., и то за чертой города. Всего в XIX в. в центре городе появилось шесть объектов озеленения общего пользования (бульвар, три сквера, городской парк и сад). Также в конце XIX в. началось озеленение улиц в северной части города вдоль набережной и жилых кварталах, вдалеке от промышленной зоны.

В XXI вв. в центральной части города развитие системы озеленения продолжает развиваться по главным композиционным осям.

В перспективе ожидается увеличение зоны озелененных территорий общего пользования вдоль русла реки Исеть. Однако несмотря на планируемое увеличение (к 2035 г.) показателя обеспеченности общегородскими зелеными насаждениями в ЦПР территории – почти в 1,5 раза, площадь озеленения считаем недостаточной с учетом повышенной рекреационной и транзитной нагрузки особенно на историческое ядро города. Для повышения уровня озелененных территорий и формирования облика исторического центра города возможно за счет сохранения исторических объектов озеленения, ведения контейнерного озеленения,

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Гуляницкий Н. Ф. XVIII век в русской архитектуре (эпоха, стиль, градостроительный метод) / Н. Ф. Гуляницкий // Архитектурное наследие. – М.: Стройиздат, 1995. – Вып. 38. – С. 61-82.
2. Кайзер Н. В. О влиянии градостроительной ситуации Екатеринбурга XVIII века на формирование и развитие исторических скверов и бульваров [Электронный ресурс] / Н. В. Кайзер // Архитектон: известия вузов. – 2014. – №4 (48). – URL: http://archvuz.ru/2014_4/12/ (дата обращения 30.12.2021).
3. Свод памятников истории и культуры Свердловской области. Екатеринбург / под ред. В. Е. Звагельской. – Том 1. – Екатеринбург: «Издательский Дом «СОКРАТ», 2007. – 536 с.
4. Генеральные планы Екатеринбурга. Выставка архивных документов [Электронный ресурс] // Государственный архив Свердловской области. – URL: https://xn--80aaebf3an9auge0i.xn--p1ai/cards_of_ekaterinburg (дата обращения 30.12.2021).
5. Карта планировочных единиц городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» [Электронный ресурс] / Официальный портал Екатеринбург.рф. – URL: <https://xn--90agdc3acz9j.xn--80acgfb1sl1azdqg.xn--p1ai/file/a5605ffdc2c5891190ebd5680e1c9bc8> (дата обращения 30.12.2021).
6. Хромов Ю. Б. Ландшафтная архитектура городов Сибири и Европейского Севера / Ю. Б. Хромов. – Ленинград: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1987. – 200 с.
7. Алферов Н. С. Зодчие старого Урала / Н. С. Алферов. – Свердловск: Свердл. кн. изд., 1960. – 215 с.
8. Голобородский М. В. История генерального плана Екатеринбурга. 1723–2003 / М. В. Голобородский, Л. И. Токменинова, С. И. Санок. – Екатеринбург: TATLIN, 2013. – 40 с., плакаты 20 л.
9. Зорина Л. И. Улицы и площади старого Екатеринбурга / Л. И. Зорина, В. М. Слукин. Екатеринбург: Баско, 2005. – 288 с.
10. Букин В. П. Свердловск. Перспективы развития до 2000 года / В. П. Букин, В. А. Пискунов. – Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1982. – 256 с.
11. Сродных Т. Б. Становление системы озеленения г. Екатеринбурга / Т. Б. Сродных // Леса России и хозяйство в них. – 2009. – №3(34). – С. 48-53.
12. Козинец Л. А. Каменная летопись города / Л. А. Козинец. – Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1989. – 160 с.: ил. 64 с.
13. Елагин Г. Н. Хроника строительства Екатеринбурга. 1702-2012 / Г. Н. Елагин. Екатеринбург: TATLIN, 2012. – 288 с.
14. Злоказов Л. Д. Старый Екатеринбург / Л. Д. Злоказов, В. Б. Семенов; под ред. Г. П. Лобановой. – Екатеринбург: ИГЕМО «Lithica», 2000. – 608 с.
15. Бухаркина О. А. Для города полезно, выгодно и интересно / О. А. Бухаркина, Л. И. Кузнецова // Архивы Урала. Ежегодный научно-популярный журнал. – 2009. – №13. – С. 162-175.
16. Положение о территориальном планировании городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2035г. [Электронный ресурс] / Официальный портал Екатеринбург.рф. – URL: <https://xn--90agdc3acz9j.xn--80acgfb1sl1azdqg.xn--p1ai/file/d349fdbfe4dd91ee5c892ef075833e3b> (дата обращения 30.12.2021).
17. Российский статистический сборник. 2021: Стат. Сб. / Росстат. – М., 2021. – 692 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gulyanickij N. F. XVIII vek v russkoj arkhitekture (ehpokha, stil', gradostroitel'nyj metod) [XVIII century in Russian architecture (era, style, urban planning method)] / N. F. Gulyanickij // Arkhitekturnoe nasledstvo [Architectural heritage]. – М.: Strojizdat, 1995. – № 38. – P. 61-82 [in Russian].
2. Kajzer N. V. O vliyanii gradostroitel'noj situacii Ekaterinburga XVIII veka na formirovanie i razvitie istoricheskikh skverov i bul'varov [On the influence of the urban planning situation in Yekaterinburg in the 18th century on the formation and development of historical squares and boulevards] [Electronic resource] / N. V. Kajzer // Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: Izvestia Vuzov]. – 2014. – № 4 (48). – URL: http://archvuz.ru/2014_4/12/ (accessed: 30.12.2021) [in Russian].
3. Svod pamjatnikov istorii i kul'tury Sverdlovskoj oblasti. Ekaterinburg [Collection of monuments of history and culture of the Sverdlovsk region. Yekaterinburg] / edited by V.E. Zvageľ'skoj, volume 1. Ekaterinburg: Publishing house «SOKRAT», 2007. – 536 p. [in Russian].
4. General'nye plany Ekaterinburga. Vystavka arkhivnykh dokumentov [General plans of Yekaterinburg. Exhibition of archival documents] [Electronic resource] // Gosudarstvennyj arkhiv Sverdlovskoj oblasti [State Archives of the Sverdlovsk Region]. – URL: https://xn--80aaebf3an9auge0i.xn--p1ai/cards_of_ekaterinburg (accessed: 30.12.2021) [in Russian].
5. Karta planirovochny'kh edinic gorodskogo okruga – municzpal'nogo obrazovaniya «gorod Ekaterinburg» [Map of planning units of the urban district - the municipal formation «city of Yekaterinburg»] [Electronic resource] / Oficijal'ny'j portal

Ekaterinburg.rf [Official portal «Екатеринбург.рф»]. – URL: <https://xn--90agdc3acz9j.xn--80acgfbsl1azdqr.xn--p1ai/file/a5605ffdc2c5891190ebd5680e1c9bc8> (accessed: 30.12.2021) [in Russian].

6. Hromov YU. B. Landshaftnaya arkhitektura gorodov Sibiri i Evropejskogo Severa [Landscape architecture of cities in Siberia and the European North] / YU. B. Khromov. – Leningrad: Strojizdat. Leningradskoe otdelenie, 1987. – 200 p. [in Russian].

7. Alferov N. S. Zodchie starogo Urala [Architects of the old Urals] / N. S. Alferov. – Sverdlovsk: Sverdl. Publishing house, 1960. – 215 p. [in Russian].

8. Goloborodskij M. V. Istoriya general'nogo plana Ekaterinburga. 1723–2003 [History of the general plan of Yekaterinburg. 1723–2003] / M. V. Goloborodskij, L. I. Tokmeninova, S. I. Sanok. – Ekaterinburg: TATLIN, 2013. – 40 p., p. 20 [in Russian].

9. Zorina L.I. Ulicy i ploshhadi starogo Ekaterinburga [Streets and squares of old Yekaterinburg] / L.I. Zorina, V.M. Slukin. Ekaterinburg: Basko, 2005. – 288 p. [in Russian].

10. Bukin V. P. Sverdlovsk. Perspektivy` razvitiya do 2000 goda [Sverdlovsk. Development prospects until 2000] / V. P. Bukin, V. A. Piskunov. – Sverdlovsk: Sred.-Ural. Publishing house, 1982. – 256 p. [in Russian].

11. Srodnykh T.B. Stanovlenie sistemy ozeleneniya g. Ekaterinburga [Formation of the greening system in Yekaterinburg] / T.B. Srodnykh // Lesa Rossii i khozyajstvo v nikh. – 2009. – №3(34). – P. 48-53. [in Russian].

12. Kozinec L. A. Kamennaya letopis' goroda [Stone chronicle of the city] / L. A. Kozinec. – Sverdlovsk: Sred.-Ural. Publishing house, 1989. – 160 p. [in Russian].

13. Elagin G.N. Hronika stroitel'stva Ekaterinburga. 1702-2012 [Chronicle of the construction of Yekaterinburg. 1702-2012] / G.N. Elagin. Ekaterinburg: TATLIN, 2012. – 288 p. [in Russian].

14. Zlokazov L. D. Staryj Ekaterinburg [Old Yekaterinburg] / L.D. Zlokazov, V. B. Semenov; ed. G.P. Lobanovoj. – Ekaterinburg: IGEMMO «Lithica», 2000. – 608 p. [in Russian].

15. Bukharkina O. A. Dlya goroda potrebno, vy`godno i polezno [For the city it is necessary, profitable and useful] / O. A. Bukharkina, L. I. Kuzneczova // Arkhivy` Urala. Ezhegodny`j nauchno-populyarny`j zhurnal. – 2009. – №13. – P. 162-175 [in Russian].

16. Polozhenie o territorial`nom planirovanii gorodskogo okruga – municzipal`nogo obrazovaniya «gorod Ekaterinburg» na period do 2035g. [Regulations on the territorial planning of the urban district - the municipal formation "city of Yekaterinburg" for the period up to 2035] [Electronic resource] / Oficzial`ny`j portal Ekaterinburg.rf [Official portal Ekaterinburg.rf]. – URL: <https://xn--90agdc3acz9j.xn--80acgfbsl1azdqr.xn--p1ai/file/d349fdbfe4dd91ee5c892ef075833e3b> (accessed: 30.12.2021) [in Russian].

17. Rossijskij statisticheskij sbornik. 2021: Stat. Sb. [Russian statistical collection. 2021: Statistical collection] / Rosstat. – M., 2021. – 692 p. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.024>**ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ НАСАЖДЕНИЙ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

Научная статья

Корчагин И.Е.¹, Морозов А.Е.², Панин И.А.^{3,*}, Осипенко Р.А.⁴¹ ORCID: 0000-0003-1272-8579;² ORCID: 0000-0002-2373-1151;³ ORCID: 0000-0002-7798-3442;⁴ ORCID: 0000-0003-3359-3079;^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (paninia[at]m.usfeu.ru)

Аннотация

Проанализирована возможность повышения пожароустойчивости насаждений, выращиваемых на рекультивированном золоотвале Рефтинской Государственной районной электростанции. Установлено, что достижение поставленной цели может быть обеспечено комплексом противопожарных мероприятий, разработанных с учетом специфики золоотвала.

В качестве главной породы при искусственном лесоразведении рекомендуется сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которая характеризуется низкой требовательностью к почвенному плодородию, произрастает в широком диапазоне почвенных условий, но характеризуется высокой потенциальной природной пожарной опасностью. Повышенная пожарная опасность сосновых насаждений на золоотвале объясняется также возвышенным местоположением. Последнее способствует быстрому высыханию напочвенных горючих материалов и распространению пожаров с соседних территорий.

В целях снижения скорости распространения низовых лесных пожаров и развития их в верховые рекомендации прикатывание травы в междурядьях, омоложение подлеска и обрезки нижних ветвей у деревьев сосны.

Ключевые слова: золоотвал, рекультивация, насаждение, лесной пожар, противопожарное устройство.

INCREASED FIRE RESISTANCE OF PLANTATIONS GROWN INCREASING THE FIRE RESISTANCE OF FOREST STANDS ON REVEGETATED LANDS

Research article

Korchagin I.E.¹, Morozov A.E.², Panin I.A.^{3,*}, Osipenko R.A.⁴¹ ORCID: 0000-0003-1272-8579;² ORCID: 0000-0002-2373-1151;³ ORCID: 0000-0002-7798-3442;⁴ ORCID: 0000-0003-3359-3079;^{1, 2, 3, 4} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

* Corresponding author (paninia[at]m.usfeu.ru)

Abstract

The article analyzes the possibility of increasing the fire resistance of forest stands grown at the revegetated ash dump of the Reftinskaya State District Power Plant. It is established that the achievement of this goal can be ensured by a complex of fire-fighting measures developed by taking into account the specifics of the ash dump.

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is recommended as the main breed for artificial afforestation, which is characterized by low demands on soil fertility, grows in a wide range of soil conditions, but is characterized by a high potential natural fire hazard. The increased fire danger of pine plantations on the ash dump can also be explained by the elevated location. The latter contributes to the rapid drying of ground-based combustible materials and the spread of fires from neighboring territories.

In order to reduce the rate of spread of grass-roots forest fires and their development into crown fire, the study proposes recommendations such as rolling grass in the aisles, rejuvenation of the undergrowth and pruning of the lower branches of pine trees.

Keywords: ash dump, reclamation, planting, forest fire, fire-fighting device.

Введение

Широкое распространение лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель в таежной зоне объясняется его высокой эффективностью. На месте бывших отвалов, карьеров и других нарушенных земель создаются высокопроизводительные насаждения, нередко превышающие по продуктивности естественные насаждения аналогичного возраста, произрастающие на не нарушенных землях [1], [2], [3]. Чаще всего в качестве главной породы при создании лесных культур на нарушенных землях предпочтение отдается сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), что вполне объяснимо ее низкой требовательностью к почвенному плодородию и возможностью произрастания в очень широком диапазоне лесорастительных условий [4], [5]. В то же время необходимо учитывать, что сосновые насаждения характеризуются повышенной горимостью и создание монокультур сосны резко повышает пожарную опасность [6], [7].

Последнее вызывает необходимость проведения мероприятий, направленных на повышение пожароустойчивости насаждений [8], [9], а также создания эффективной системы противопожарного устройства [10], [11].

Поскольку нарушенные земли нередко находятся в непосредственной близости от населенных пунктов и объектов экономики при создании на них в процессе рекультивации хвойных насаждений необходимо предусмотреть эффективную защиту от потенциальных лесных пожаров [12], [13], [14].

Цель, объекты и методика исследований

Целью работы являлась разработка эффективного противопожарного устройства искусственных сосновых насаждений, созданных на рекультивированном золоотвале Рефтинской ГРЭС.

Объектом исследований служили искусственные сосновые насаждения, произрастающие на золоотвале №1 Рефтинской ГРЭС в Средне-Уральском таежном лесном районе. Предыдущими исследованиями [3], [5] было установлено, что указанные сосновые насаждения характеризуются I^a – II классами бонитета и формируют к 20-летнему возрасту запас 143 м³/га.

В то же время данные искусственные сосновые насаждения созданы на золоотвале, который возвышается над окружающей местностью. Последнее способствует быстрому высыханию напочвенных горючих материалов и высокой вероятности распространения потенциальных лесных пожаров с соседних участков [15].

В основу исследований положен метод пробных площадей (ПП), натурных обследований и использования космических снимков высокого пространственного разрешения, выполняемых в соответствии с апробированными методиками [16], [17].

Материалы и обсуждение

Система противопожарного устройства рекультивированного золоотвала должна учитывать не только специфику объекта, но и динамику изменения растительности во времени.

Рекультивация отвала производилась в два этапа. На первом этапе производилась отсыпка почвогрунта толщиной 10-40 см на накопленный слой золы. При этом отсыпка почвогрунта производилась с чередованием отсыпанных и не отсыпанных полос с целью минимизации затрат на проведение рекультивационных работ [18].

На участках, отсыпанных грунтом, проводился биологический этап рекультивации путем механизированной посадки 2-летних сеянцев сосны обыкновенной. Не отсыпанные грунтом участки золоотвала оставались под естественное зарастание.

Естественно, что на начальном этапе на золоотвале формировались травянистые сукцессии. В живом напочвенном покрове (ЖНП) доминировали луговые виды на долю которых приходилось до 59,9 % общей надземной фитомассы. Кроме того, 19,1 % надземной фитомассы ЖНП в абсолютно сухом состоянии приходилось на лугово-лесные и 12,5 % на лесо-луговые ценотипы. При этом общая надземная фитомасса ЖНП в абсолютно сухом состоянии достигала 352 кг/га, что не могло не сказаться на потенциальной пожарной опасности. Известно [19], [20], что именно ЖНП, особенно весной и осенью, во многом определяет интенсивность и скорость распространения низовых пожаров.

Накопление ветоши, а также травостой прошлого года весной и текущего года осенью, резко повышают пожарную опасность. При этом применение традиционных минерализованных полос для остановки низовых пожаров на золоотвале исключается из-за вскрытия золы и ее перемещения ветром. В целях снижения скорости распространения низовых лесных пожаров был предложен, апробирован и внедрен способ прикатывания травы в междурядья лесных культур сосны катками. Прикатывание практиковалось в дождливую погоду или сразу после дождя. При этом примятая и прижатая к поверхности почвы мокрая трава начинала перегнивать, что препятствовало быстрому распространению низового лесного пожара. Кроме того, прикатывание травы исключало необходимость проведения агротехнических уходов за лесными культурами, что минимизировало затраты на их выращивание.

Наличие вблизи золоотвала садовых участков способствовало заселению его кустарниками. В частности, очень активно птицы рассеивают облепиху крушиновидную (*Hippophae rhamnoides* L.). На золоотвале облепиха заселила как участки между рядами лесных культур сосны, так и полосы между лесными культурами (рис. 1).



Рис. 1 – Внешний вид облепихи крушиновидной на рекультивированном золоотвале Рефтинской ГРЭС

Обильное плодоношение облепихи способствовало увеличению биологического разнообразия за счет привлечения птиц, а также обусловило рекреативному участку большую рекреационную привлекательность. Однако по мере старения кустов облепихи началось их отмирание. Последнее увеличило массу напочвенных горючих материалов и создало условия для развития низовых лесных пожаров в верховые. Кроме того, старые заросли облепихи создали препятствие для передвижения людей и техники при тушении пожаров.

С целью минимизации указанных недостатков нами рекомендуется омоложение облепихи путем ее спиливания на низкий пенёк. Работы проводятся в зимний период, а вырубленные кусты либо сжигаются на полянах, либо измельчаются в щепку, которая используется для отопления или равномерно разбрасывается по площади, выполняя роль мульчи и препятствия разрастанию ЖНП.

Омоложение облепихи производится с 15-20 лет и повторяется через каждые 10-15 лет. При этом вокруг пня формируются молодые побеги облепихи, которые препятствуют разрастанию травянистой растительности.

Особую опасность представляют для сосновых насаждений верховые пожары. Минимизация массы ЖНП прикатыванием и ликвидация усыхающих кустов облепихи минимизирует, но не исключает развитие низовых пожаров в верховые, поскольку процесс очищения стволов от сучьев при рядовом размещении лесных культур растягивается на длительный срок.

В целях недопущения развития низовых пожаров в верховые в сосняках, формирующихся на золоотвале, реализуется обрезка нижних ветвей на высоту 2,5 м (рис. 2).



Рис. 2 – Искусственные насаждения с обрезанными нижними ветвями на золоотвале Рефтинской ГРЭС

Срезанные ветви измельчаются на щепу или сжигаются в зимний период на полянах.

Обрезка нижних ветвей не только исключает развитие низовых лесных пожаров в верховые, но и увеличивает просматриваемость, а следовательно, комфортность формируемых сосновых насаждений для рекреантов.

Все запланированные и выполняемые мероприятия на территории рекреативного золоотвала увязаны с сетью дорог противопожарного назначения, которые обеспечивают оперативную переброску сил и средств пожаротушения к месту возможного пожара.

Выводы

1. На нарушенных землях, в частности на золоотвалах, тепловых электростанций, можно создавать высокопроизводительные искусственные сосновые насаждения.
2. Важной задачей при выращивании сосновых насаждений на нарушенных землях является охрана их от лесных пожаров.
3. До смыкания крон лесных культур в междурядьях, последние должны прикатываться катками в дождливую погоду или сразу после дождя с целью приминания живого напочвенного покрова.
4. Стареющие кусты облепихи через 15-20 лет омолаживаются «посадкой на пенёк».
5. После смыкания лесных культур в рядах делается обрезка нижних ветвей сосны на высоту 2-2,5 м.
6. Срезанные ветви, а также вырезанные старые кусты облепихи либо сжигаются в зимний период на полянах, либо измельчаются в щепу. Последняя используется для отопления или равномерно разбрасывается по площади, выполняя роль мульчи и препятствия разрастанию ЖНП.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Залесов С.В. Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия / С.В. Залесов, Е.С. Залесова, Ю.В. Зарипов и др. // экология и промышленность России, 2018. Т. 22. № 12. С. 63-67.
2. Бачурина А.В. Эффективность лесной рекультивации нарушенных земель в зоне влияния медеплавильного производства / А.В. Бачурина, С.В. Залесов, О.В. Толкач // Экология и промышленность России, 2020; 24 (6): 67-71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-6-67-71.
3. Zalesov S.V. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia / S.C. Zalesov, S. Ayan, E.S. Zalesova et al. // Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 2020, 35 (1): xx-xx. DOI: 10.28955/alinterizbd. 696559.
4. Зарипов Ю.В. Подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах месторождения хризотил-асбеста / Ю.В. Зарипов, С.В. Залесов, Е.С. Залесова и др. // Известия вузов Лесной журнал, 2021. № 5. С. 22-23.
5. Залесов С.В. Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.А. Зверев и др. // ИВУЗ «Лесной журнал», 2013. № 2. С. 66-73.
6. Марченко В.П. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс Орманы» / В.П. Марченко, С.В. Залесов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10 (108). С. 55-59.
7. Шубин Д.А. Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края / Д.А. Шубин, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39-41.
8. Данчева А.В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала, 2016. № 3 (145). С. 56-61.
9. Залесов С.В. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника / С.В. Залесов, А.В. Данчева, А.В. Эбель и др. // ИВУЗ «Лесной журнал», 2016. № 3. С. 21-30.
10. Залесов С.В. Организация противопожарного устройства насаждений, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях / С.В. Залесов, А.Г. Магасумова, Н.Н. Новоселова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2010. № 4 (66). С. 60-63.
11. Залесов С.В. Обоснование конструкции противопожарного заслона для искусственных сосняков Прииртышья (на примере Казахстана) / С.В. Залесов // Лесхоз. Информ.: электрон. Сетевой журнал. – 2020. № 2. – С. 79-88. DOI: 10.244.19/LHI. 2304-3083.2020.2.07
12. Кректунов А.А. Охрана населенных пунктов от природных пожаров / А.А. Кректунов, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. Ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.
13. Zalesov S. Protective forest management problems in Russia / S. Zalesov, A. Magasumova // E 35 Web of Conferences 258, 08004 (2021). DOI: 10.1051/e 3 sconf/ 2021 25808004.
14. Залесов С.В. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, Е.Ю. Платонов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 10 (116). С. 45-49.
15. Залесов С.В. Лесная пирология / С.В. Залесов. Екатеринбург: Изд-во «Баско», 2006. 312 с.
16. Бунькова Н.П. Основы фитомониторинга / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.С. Залесова и др. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
17. Фомин В.В. Методика оценка густоты подроста и древостоев при зарастании сельскохозяйственных земель древесной растительностью с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения / В.В. Фомин, С.В. Залесов, А.Г. Магасумова // Аграрный вестник Урала, 2015. № 1 (131). С. 25-29.
18. Махнев А.К. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале / А.К. Махнев, Т.С. Чибрик, М.Р. Трубина и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 356 с.
19. Шубин Д.А. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве / Д.А. Шубин, А.А. Малиновских, С.В. Залесов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2013. № 6 (44). С. 205-208.
20. Архипов Е.В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия / Е.В. Архипов, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала, 2017. № 4 (158). С. 10-15.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zalesov S.V. Rekul'tivaciya narushenny`kh zemel` na mestorozhde-nii tantal-berilliya [Reclamation of disturbed lands at the tantalum-beryllium deposit] / S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, Yu.V. Zaripov et al. // e`kologiya i promy`shlennost` Rossii, 2018. Vol. 22. № 12. P. 63-67. [in Russian]
2. Bachurina A.V. Effektivnost' lesnoj rekul'tivacii narushennyh zemel' v zone vliyaniya medeplavil'nogo proizvodstva [Efficiency of forest reclamation of disturbed lands in the zone of influence of copper smelting production] / A.V. Bachurina, S.V. Zalesov, O.V. Tolkach // Ekologiya i promyshlennost' Rossii, 2020; 24 (6): 67-71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-6-67-71. [in Russian]
3. Zalesov S.V. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia / S.C. Zalesov, S. Ayan, E.S. Zalesova et al. // Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 2020, 35 (1): xx-xx. DOI: 10.28955/alinterizbd. 696559. [in Russian]
4. Zaripov YU.V. Podrost sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) na otvalah mestorozhdeniya hrizotil-asbesta [Scots pine undergrowth (*Pinus sylvestris* L.) on the dumps of the chrysotile-asbestos deposit] / YU.V. Zaripov, S.V. Zalesov, E.S. Zalesova et al. // Izvestiya vuzov Lesnoj zhurnal, 2021. № 5. P. 22-23. [in Russian]
5. Zalesov S.V. Formirovanie iskusstvennyh nasazhdenij na zoloot-vale Reftinskoj GRES [Formation of artificial plantations at the ash dump of Reftinskaya SDPP /] / S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, A.A. Zverev et al. // IVUZ «Lesnoj zhurnal», 2013. № 2. P. 66-73. [in Russian]

6. Marchenko V.P. Gorimost' lentochnyh borov Priirtysh'ya i puti ee minimizacii na primere GU GLPR «Ertys Ormany» [The fire rate of the Irtysh zone pine forests and the ways of its minimization on the example of GU GLPR "Ertys Ormany"] / V.P. Marchenko, S.V. Zalesov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 10 (108). P. 55-59. [in Russian]
7. Shubin D.A. Poslepozharnyj otpad derev'ev v sosnovykh nasazhde-niyah Priobskogo vodoohrannogo sosnovo-berezovogo lesokhozyajstvennogo rajona Altajskogo kraja [Post-fire mortality of trees in pine plantations of the Priobskoye water-conservation pine-birch forestry region of Altai Territory] / D.A. SHubin, S.V. Zalesov // Agrarnyj vestnik Urala. 2013. № 5 (111). P. 39-41. [in Russian]
8. Dancheva A.V. Vliyanie rubok uhoda na biologicheskuyu i pozharnuyu ustojchivost' sosnovykh drevostoev [The influence of thinning on the biological and fire resistance of pine stands] / A.V. Dancheva, S.V. Zalesov // Agrarnyj vestnik Urala, 2016. № 3 (145). P. 56-61. [in Russian]
9. Zalesov S.V. Lesovodstvennaya effektivnost' rubok uhoda v sosnyakh Kazahskogo melkosopochnika [Silvicultural efficiency of thinning in the pine forests of the Kazakh chalk forest] / S.V. Zalesov, A.V. Dancheva, A.V. Ebel' et al. // IVUZ «Lesnoj zhurnal», 2016. № 3. P. 21-30. [in Russian]
10. Zalesov S.V. Organizaciya protivopozharnogo ustrojstva nasazh-denij, formiruyushchihsya na byvshih sel'skookhozyajstvennykh ugod'yah [Organization of fire-prevention equipment for plantings formed on former agricultural lands] / S.V. Zalesov, A.G. Magasumova, N.N. Novoselova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2010. № 4 (66). P. 60-63. [in Russian]
11. Zalesov S.V. Obosnovanie konstrukcii protivopozharnogo zaslona dlya iskusstvennykh sosnyakov Priirtysh'ya (na primere Kazakhstana). [Justification of the design of a fire barrier for artificial pine forests in the Irtysh region (on the example of Kazakhstan).] / S.V. Zalesov // Lesohoz. Inform.: elektron. Setevoy zhurnal. – 2020. № 2. – P. 79-88. DOI: 10.244.19/LHI. 2304-3083.2020.2.07 [in Russian]
12. Krektunov A.A. Ohrana naselennykh punktov ot prirodnykh pozharov [Protection of settlements from wildfires] / A.A. Krektunov, S.V. Zalesov. – Ekaterinburg: Ural. In-t GPS MCHS Rossiya, 2017. 162 p. [in Russian]
13. Zalesov S. Protective forest management problems in Russia / S. Zalesov, A. Magasumova // E 35 Web of Conferences 258, 08004 (2021). DOI: 10.1051/e3sconf/202125808004. [in Russian]
14. Zalesov S.V. Utochnennaya shkala raspredeleniya uchastkov lesnogo fonda po klassam prirodnoj pozharnoj opasnosti [Refined scale of distribution of forest fund plots by natural fire hazard classes] / S.V. Zalesov, G.A. Godovalov, E.YU. Platonov // Agrarnyj vestnik Urala. 2013. № 10 (116). P. 45-49. [in Russian]
15. Zalesov S.V. Lesnaya pirologiya [Forest pyrology] / S.V. Zalesov. Ekaterinburg: «Basko», 2006. 312 p. [in Russian]
16. Bun'kova N.P. Osnovy fitomonitoringa [Phytomonitoring basics] / N.P. Bun'kova, S.V. Zalesov, E.S. Zalesova et al. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesosn. un-t, 2020. 90 p. [in Russian]
17. Fomin V.V. Metodika ocenka gustoty podrosta i drevostoev pri zarastanii sel'skookhozyajstvennykh zemel' drevosnoj rastitel'nost'yu s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov vysokogo prostranstvennogo razresheniya [Methodology for assessing the density of undergrowth and forest stands during overgrowth of agricultural lands with woody vegetation using space images of high spatial resolution] / V.V. Fomin, S.V. Zalesov, A.G. Magasumova // Agrarnyj vestnik Urala, 2015. № 1 (131). P. 25-29. [in Russian]
18. Mahnev A.K. Ekologicheskie osnovy i metody biologicheskoy rekul'tivacii zolootvalov teplovyykh elektrostancij na Urale [Ecological foundations and methods of biological reclamation of ash dumps of thermal power plants in the Urals] / A.K. Mahnev, T.S. CHibrik, M.R. Trubina et al. Ekaterinburg: UrO RAN, 2002. 356 p. [in Russian]
19. Shubin D.A. Vliyanie pozharov na komponenty lesnogo biogeocenoza v Verhne-Obskom borovom massive [The effect of fires on the components of the forest biogeocenosis in the Verkhne-Obsky pine forest] / D.A. SHubin, A.A. Malinovskih, S.V. Zalesov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2013. № 6 (44). P. 205-208. [in Russian]
20. Arhipov E.V. Dinamika lesnykh pozharov v Respublike Kazahstan i ih ekologicheskie posledstviya [Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their ecological consequences] / E.V. Arhipov, S.V. Zalesov // Agrarnyj vestnik Urala, 2017. № 4 (158). P. 10-15. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.025>

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Костюченко В.В.¹, Костюченко М.О.², Астанин Д.М.^{3,*}

³ ORCID: 0000-0002-1062-3098;

^{1, 2, 3} Вологодский государственный университет, Вологда, Россия;

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (montenegro.astanin[at]mail.ru)

Аннотация

По данным Минсельхоза РФ, в России развитием сельского туризма занимаются 11 регионов, на долю этого сегмента туристической отрасли приходится лишь 2%. В России, по неофициальным данным, больше 4 тысяч сельских домов, и более тысячи административных районов, где можно развивать агротуризм. Большинство из них не соответствует ожиданиям туристов по степени комфорта и уровню сервиса. Внутренний туризм способен стать эффективным инструментом развития сельских территорий в России. В статье определено значение туристической отрасли Вологодской области, ее перспективы и проблемы. Обозначено понятие и содержание сельского туризма. Рассмотрены возможности и направления развития сельского туризма в Вологодской области, определены районы и возможные перспективные предложения.

Ключевые слова: пандемия, туризм, сельский туризм, инфраструктура, туристский потенциал.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RURAL TOURISM IN VOLOGDA OBLAST

Research article

Kostyuchenko V.V.¹, Kostyuchenko M.O.², Astanin D.M.^{3,*}

³ ORCID: 0000-0002-1062-3098;

^{1, 2, 3} Vologda State University, Vologda, Russia;

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

* Corresponding author (montenegro.astanin[at]mail.ru)

Abstract

According to the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 11 regions are engaged in the development of rural tourism in Russia; this segment of the tourism industry accounts for only 2%. According to unofficial data, there are more than 4 thousand rural houses in Russia and more than a thousand administrative districts where agrotourism can be developed. Most of them do not meet the expectations of tourists in terms of comfort and level of service. Domestic tourism can become an effective tool for the development of rural areas in Russia. The article defines the importance of the Vologda Oblast tourism industry, its prospects and problems while also indicating the concept and content of rural tourism. The authors examine possibilities and trajectories of developing rural tourism in Vologda Oblast and identify districts and possible promising proposals.

Keywords: pandemic, tourism, rural tourism, infrastructure, tourism potential.

Введение

Развитие туризма является одним из важных факторов в развитии России и регионов. Известно, что туристическая отрасль обеспечивает не только поступления в бюджет муниципального, регионального, федерального уровней, но и оказывает положительное влияние на улучшение инфраструктуры, восстановление памятников культуры, искусства и архитектуры, охрану окружающей среды и т. п. [1].

В период пандемии и дальнейших карантинных ограничений туристический поток зависел от санитарно-эпидемиологической обстановки, но потребность граждан страны в отдыхе сохранялась. В связи с этим, особую актуальность приобрели направления туристической отрасли, которые обеспечивают безопасность для здоровья, пребывание на природе и отсутствие большого количества туристов, находящихся одновременно в гостинице или на экскурсии. Очевидно, что данным условиям отвечает сельский туризм.

Постановка проблемы

В связи с актуальностью и значимостью проблемы развития туристической отрасли и ее отдельных направлений, следует рассмотреть проблемы и перспективы сельского туризма в Вологодской области.

Туристическая отрасль вносит существенный вклад в экономику области. В структуре валового регионального продукта доля туризма в 2019 г. составила 2,7%. Численность туристов, обслуженных вологодскими турфирмами в 2019 г., в сравнении с 2017 г. увеличилась в 1,5 раза. Успех на рынке туристских услуг зависит в первую очередь от привлекательности региона: особые природно-климатические условия, богатый природный ландшафт, который способствует развитию лечебно-оздоровительного, приключенческого, спортивного, сельского туризма; культурно-исторический потенциал региона, в котором насчитывается 761 единица памятников истории и культуры, из которых 218 имеют статус федерального значения [2]; наличие экологически чистых природных зон и заповедников; возрождение народно-художественных промыслов и ремесел, проведение ярмарок, самобытность региона, развитие сельского хозяйства [3], [4].

Потенциальная туристская емкость территории Вологодской области составляет более 3 млн. посетителей в год. Сегодня этот потенциал используется примерно на 30%. Главная проблема - недостаточный уровень развития туристской инфраструктуры. Многие объекты размещения туристов нуждаются в модернизации или функциональной реконструкции. Система общественного питания также не отвечает современным стандартам обслуживания туристов.

Важными проблемами являются недостаточный уровень развития инфраструктуры придорожного сервиса, плохие дороги, отсутствие надлежащего обслуживания, несоблюдение санитарно-гигиенических требований и многое другое, несоответствие уровня подготовки и профессионализма кадров, обслуживающих туристов, современным требованиям.

В качестве целевых ориентиров развития туристической отрасли Вологодской области на перспективу выступают: продвижение турпродукта на национальном туристском рынке; расширение возможностей инвестирования в туристскую инфраструктуру; подготовка и повышение квалификации кадров в сфере обслуживания туристов; формирование нового турпродукта, выходящего за рамки традиционного представления о возможных предложениях Вологодской области, в том числе – сельского туризма.

Большинство исследователей, в числе которых следует назвать А. В. Трухачева [5], С. В. Бадалянца [6], Р. Р. Гарееву, А. В. Романюк [7], считают, что сельский туризм следует рассматривать в качестве особого вида отдыха, который может быть как организованным, так и не организованным, но главная цель его – отдых на природе, посильные занятия сельским хозяйством, знакомство с бытом и жизнью села.

По мнению исследователей М. В. Андреевой и И. В. Крюковой, сельский туризм предполагает не только участие в хозяйственной жизни подсобного хозяйства, охоту, рыбалку, сбор ягод, но и посещение мастер-классов, ярмарок, изучение промыслов. Таким образом, сельский туризм дает возможность не только отдыха на природе и приобщения к сельскому хозяйству, но и знакомству с традициями и культурой регионов страны [8].

В развитых европейских странах отдых на селе занимает второе место по популярности после пляжного, составляет 20-30% и поддерживается на государственном уровне. В Российской Федерации в принятой Концепции развития сельского туризма [9] говорится о том, что данное направление предполагает деятельность собственников сельских домохозяйств, предпринимателей для организации туристического отдыха на селе с использованием природных, исторических, промысловых, хозяйственных ресурсов территории. При этом предусматриваются поездки в туристические деревни, организация сельских туров и знакомство туристов с местными обычаями. Кроме того, туристы получают возможность проведения досуга с посещением различных мероприятий, проводимых на селе, проходят программы оздоровления благодаря фитотерапии, принятию лечебных грязей и травяных настоев. Предложения сельского туризма зависят от природного, хозяйственного и культурно-исторического развития отдельно взятой территории [10].

Обсуждение

Остановимся на возможностях развития сельского туризма в регионе. В период 2019-2021 гг. в Вологодской области число туристов, выбирающих отдых на селе, увеличилось в 1,5 раза. Сельский туризм активно развивается в 20 из 26 районов области, но лидирующие позиции занимает Великий Устюг. Существует ряд условий, которые создают его туристическую привлекательность. На территории Великоустюгского района действует большое количество гостевых домов, которые могут не только принимать определенное количество туристов, но и отличаются по цене, предложениям услуг, что обеспечивает широкий выбор пакетов предложений для отдыха.

На административном уровне было принято положение «О создании условий для развития туризма в Великоустюгском районе» и выделены дополнительные финансовые средства для развития сельской инфраструктуры. Благодаря этому туристы получили возможность посетить удаленные села, которые ранее было сложно посетить из-за удаленности или плохого качества дорог.

Следует выделить факт инициативы жителей Великоустюгского района в развитии сельского туризма, их готовности во взаимодействии с гостями, радушие и гостеприимность. Так, жители Марденгского, Нижнеерогодского, Трегубовского и Юдинского сельских поселений заявляют, что готовы разместить порядка 400 туристов и обеспечить им отдых, занятия сельским хозяйством, ознакомление с народными промыслами.

Перспективными для осуществления отдыха на селе являются также Тарногский, Нюксенский и Вытегорский районы. Кроме того, активизируется деятельность по организации сельского туризма в Бабушкинском, Белозерском, Вожегодском, Вологодском, Грязовецком, Кирилловском, Никольском и Тарногском районах. Последние позиции в рейтинге заняли крупные города Вологда и Череповец, что объясняется их промышленной специализацией.

Организация сельского туризма в регионе основывается на формировании туров в деревенский дом, на предоставлении в наем гостевых домов, а также на функционировании туристских деревень, что повышает уровень доходов и занятость сельского населения, развивает социальную и инженерную инфраструктуру, осуществляет сбыт продукции подсобных хозяйств, сдерживает и преодолевает процесс деградации сельских регионов, сохраняет и воссоздавать культурное наследие, национальную самобытность регионов.

Выделим ряд перспективных туров по ознакомлению с сельским бытом и культурой, которые организуются в Вологодской области. В Грязовецком районе это пакеты услуг «В гостях у тетушки Коровы», «По лесной тропинке», «Русская деревня XXI века», «В гости к мастеру». Туристы получают возможность в течение 3-5 дней не только жить в деревянном доме в экологически чистом районе, но и участвовать в традиционных хозяйственных делах: доении коровы, сенокосе, сбору ягод или грибов, берестоплетении.

В Кирилловском районе программа «В гости к травнице» представляет собой 2-3-дневный тур по сбору целебных трав и изготовлению травяных сборов, а тур «Куракинская керамика» привлекает внимание мастеров из соседних регионов, которые приезжают на Вологодчину не только отдохнуть, но и для ознакомления со стилем местных изготовителей керамических изделий.

Программа «Живая старина» в Нюксенском районе включает в себя не только отдых и занятия в условиях сельского быта, но и посещение исторических, памятных мест. Далеко за пределами области известна программа «Сизьма - самобытный уголок Вологодчины», в ходе которой туристы могут познакомиться не только с традиционными занятиями жителей, местной кухней, но и в течение выбранного количества дней жить в сельском доме и вести обычный деревенский быт.

С 2018 г. в Вологодской области происходит создание туристских деревень на основе существующих сельских поселений с традиционной народной деревянной архитектурой, расположенных в живописной местности д. Пожарище (Нюксенский район), с. Сизьма (Шекснинский район). Серьезной проблемой для их развития является низкая информированность возможных гостей о предложениях. Кроме того, содержание подобных туристических комплексов предполагает большие финансовые вложения, которые не смогут обеспечить сельские домохозяйства без поддержки муниципальных и региональных органов власти.

Туристические пакеты для сельского туризма предлагают и другие районы области, но все они ориентированы на прием гостей в весенне-летний сезон, поэтому важно разрабатывать предложения и программы для занятий в осенне-зимний сезон, для которых особую роль будет играть развитие инфраструктуры, дорог, безопасность для гостей, комфортность размещения с учетом сохранения деревенской самобытности.

Среди других проблем, которые оказывают негативное влияние на развитие отдыха на селе, следует назвать слабую предпринимательскую активность местных жителей, неготовность их к ведению собственного бизнеса, отсутствие лидеров и заинтересованных сторон, в том числе в муниципальных органах власти. В данном случае необходимо осуществлять адресную поддержку, выдачу льготных кредитов местным предпринимателям, собственникам, которые готовы участвовать в программах по развитию сельского туризма.

Среди наиболее перспективных районов Вологодской области, где осуществление сельских туров будет наиболее эффективным следует назвать Великоустюгский, Тарногский и Нюксенский районы; туристская дестинация «Белоозеро», объединяющая Кирилловский, Белозерский и Вашкинский районы. В названных территориях сочетание экологической благоприятности, богатство природных ресурсов, сельскохозяйственная специализация создают условия, которые позволяют принимать туристов с целью отдыха на селе.

Туристические пакеты по предложению отдыха на селе возможно сочетать с экскурсиями, мастер-классами и т.д. Например, сельский отдых в Кирилловском районе позволяет предложить гостям посещение памятников церковной архитектуры. Жизнь в туристической деревне в Белозерске можно совместить с экскурсиями по местным музеям и посещению кремля. Самобытность и богатство культуры Вологодской области и ее районов позволяют развивать различные направления туристической отрасли, в том числе – сельский туризм [4].

Заключение

Сельский туризм - особый вид отдыха, который может быть как организованным, так и не организованным, главная цель его – отдых на природе, посильные занятия сельским хозяйством, знакомство с бытом и жизнью села. Развитие данного туристического направления способствует не только развитию экономики региона, но и позволяет сохранять культурные и исторические традиции. В условиях карантинных ограничений сельский туризм может стать альтернативой для групповых экскурсий и поездок, при которых человек может инфицироваться. Отдых на селе укрепляет здоровье, а двигательная активность на свежем воздухе в экологически чистой местности оказывает положительное влияние на физическое состояние человека.

В Вологодской области сельский туризм является важным стимулом для развития инфраструктуры, так как финансовые вложения позволяют не только повысить доступность удаленных территорий, но и обеспечить их транспортным сообщением и связью, торговым сообщением. Следует подчеркнуть, что отдых на селе может стать стимулом для возрождения русской деревни. Для развития сельского туризма важна инициативность граждан, нормативно-правовая и финансовая поддержка властей, а также творческая активность и креативность предпринимателей и сельских домохозяйств в формировании и развитии предложений и программ.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Иванова Ю.О. Современные тенденции развития сельского туризма / Ю.О. Иванова // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы, 2018. Т. 13. - С. 51-57.
2. Белоярская И.К. Монастырские комплексы Вологодской области : Принципы современной реабилитации / И.К. Белоярская: дисс. кандидата архитектуры: 18.00.04.- Санкт-Петербург, 2002.- 205 с.: ил.
3. Департамент экономического развития Вологодской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://der.gov35.ru/> (дата обращения: 12.01.2022)
4. Официальный Портал о туризме в Вологодской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://vologdatourinfo.ru/> (дата обращения: 12.01.2022)
5. Трухачев А.В. Концептуальные основы государственной политики развития сельского туризма в Российской Федерации / А.В. Трухачев: дисс. доктора экономических наук: 08.00.05. ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2017. - 341 с.
6. Бадалянц С.В. Сельский туризм как фактор развития сельских территорий региона / С.В. Бадалянц // Ростовский научный журнал, 2017. № 7. - С. 67-73.
7. Гареев Р.Р. Особенности развития мирового зеленого туризма / Р.Р. Гареев, А.В. Романюк // Colloquium-journal. - 2019. № 15-2 (39). - С. 37-39.
8. Андреева М.В. Проблемы и перспективы развития сельского туризма в Вологодской области / М.В. Андреева, И.В. Крюкова // Вестник университета. – 2020. № 11. – С. 67-73.
9. Концепции развития сельского туризма. [Электронный ресурс]. URL: <https://мниа.пф/rural-tourism/> (дата обращения: 12.01.2022)
10. Официальные данные Ростуризм. [Электронный ресурс]. URL : <https://www.russiaturism.ru/> (дата обращения: 12.01.2022)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ivanova Yu.O. Sovremennye tendencii razvitiya sel'skogo turizma [Modern trends in the development of rural tourism] / Yu.O. Ivanova // *Industriya turizma: vozmozhnosti, priority, problemy i perspektivy* [Tourism industry: opportunities, priorities, problems and prospects], 2018. No. 13. - Pp. 51-57. [in Russian]
2. Beloyarskaya I.K. Monastyrskie komplekсы Vologodskoj oblasti: Principy sovremennoj reabilitacii [Monastic complexes of the Vologda region: Principles of modern rehabilitation] / I.K. Beloyarskaya: dissertation of the Candidate of Architecture: 18.00.04.- Sankt-Peterburg, 2002.- 205 p. [in Russian]
3. Departament ekonomicheskogo razvitiya Vologodskoj oblasti [Department of Economic Development of the Vologda]. [Electronic resource]. URL: <https://der.gov35.ru/> (accessed: 12.01.2022) [in Russian]
4. Oficial'nyj Portal o turizme v Vologodskoj oblasti [The official portal about tourism in the Vologda region]. [Electronic resource]. URL: <https://vologdatourinfo.ru/> (accessed: 12.01.2022) [in Russian]
5. Truhachev A.V. Konceptual'nye osnovy gosudarstvennoj politiki razvitiya sel'skogo turizma v Rossijskoj Federacii [Conceptual foundations of the state policy of rural tourism development in the Russian Federation] / A.V.Truhachev: diss. Doctor of Economics. FGBOU VO Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj ekonomicheskij universitet, 2017. - 341 p. [in Russian]
6. Badal'yanc S.V. Sel'skij turizm kak faktor razvitiya sel'skih territorij regiona [Rural tourism as a factor of development of rural territories of the region] / S.V. Badal'yanc // *Rostovskij nauchnyj zhurnal* [Rostov scientific journal], 2017. № 7. - Pp. 67-73. [in Russian]
7. Gareev R.R. Osobennosti razvitiya mirovogo zelenogo turizma [Peculiarities of development of the world green tourism] / R.R. Gareev, A.V. Romanyuk // *Colloquium-journal*. - 2019. № 15-2 (39). - Pp. 37-39. [in Russian]
8. Andreeva M.V. Problemy i perspektivy razvitiya sel'skogo turizma v Vologodskoj oblasti [Problems and prospects of rural tourism development in the Vologda region] / M.V. Andreeva, I.V. Kryukova // *Vestnik universiteta* [Bulletin of the University]. – 2020. № 11. – Pp. 67-73. [in Russian]
9. Konceptii razvitiya sel'skogo turizma [Concepts of rural tourism development]. [Electronic resource]. URL: <https://mniap.rf/rural-tourism/> (accessed: 12.01.2022) [in Russian]
10. Oficial'nye dannye Rosturizm [Official data of Rostourism]. [Electronic resource]. URL : <https://www.russiatourism.ru/> (accessed: 12.01.2022) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.026>

ОБЗОР ПРОРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

Обзорная статья

Руденко Р.А.*

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

* Корреспондирующий автор (6195756[at]mail.ru)

Аннотация

Мировые запасы дикой рыбы истощаются со все возрастающей скоростью. Аквакультура - это единственный способ обеспечить мир достаточным количеством морепродуктов. Традиционная аквакультура в Китае насчитывает 4000 лет и была очень успешной в последние три десятилетия. Однако аквакультура столкнулась с серьезными проблемами, включая лишь несколько улучшенных видов, трудоемкость, загрязнение окружающей среды, болезни и отсутствие возможности отслеживания продукции. Аквакультура нуждается в прорывных технологиях для увеличения производства рыбы [1]. Новые и прорывные технологии, включая редактирование генома, искусственный интеллект, оффшорное земледелие, системы рециркуляции аквакультуры, альтернативные белки и масла для замены рыбной пищи и рыбьего жира, оральную вакцинацию, блокчейн для маркетинга и интернет вещей, могут обеспечить решения для устойчивого развития и высокой прибыльности аквакультуры. В этом обзоре кратко представлены эти новые и прорывные технологии.

Ключевые слова: Рыба, Аквакультура, Инновации, Развитие.

AN OVERVIEW OF BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES IN AQUACULTURE

Review article

Rudenko R.A.*

Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

* Corresponding author (6195756[at]mail.ru)

Abstract

The world's wild fish stocks are being depleted at an ever-increasing rate. Aquaculture is the only way to provide the world with enough seafood. In China, traditional aquaculture dates back 4,000 years and has been very successful in the last three decades. However, aquaculture faces serious challenges, including only a few improved species, labor intensity, environmental pollution, disease, and lack of traceability of products. Aquaculture also requires breakthrough technologies to increase fish production [1]. New and breakthrough technologies, such as genome editing, artificial intelligence, offshore farming, aquaculture recycling systems, alternative proteins and oils to replace fish food and fish oil, oral vaccination, blockchain for marketing and the Internet of things, can provide solutions for sustainable development and high profitability of aquaculture. This review briefly presents these new and breakthrough technologies.

Keywords: Fish, Aquaculture, Innovation, Development.

Введение

За последние 50 лет применение науки и внедрение новых технологий (рис. 1) в развитии аквакультуры способствовали быстрому развитию аквакультуры. С точки зрения видов, кормов, производственных систем, болезней, продуктов, бизнес-структур и маркетинга аквакультура более диверсифицирована, чем другие секторы сельского хозяйства. Научно-технический прогресс принес пользу почти всем аспектам аквакультуры. Множество технологий (рис. 1) внесли значительный вклад в производство аквакультуры. Например, усовершенствованные репродуктивные технологии позволили людям ускорить жизненные циклы многих видов аквакультуры.

Развитие живых кормов, в том числе микроводорослей, коловраток, креветок и других веслоногих ракообразных в инкубаториях, позволило устранить узкое место в выращивании некоторых видов морских гидробионтов [2]. Селекционное разведение с помощью количественной генетики значительно улучшило признаки, имеющие коммерческое значение, у более чем 60 видов аквакультуры.

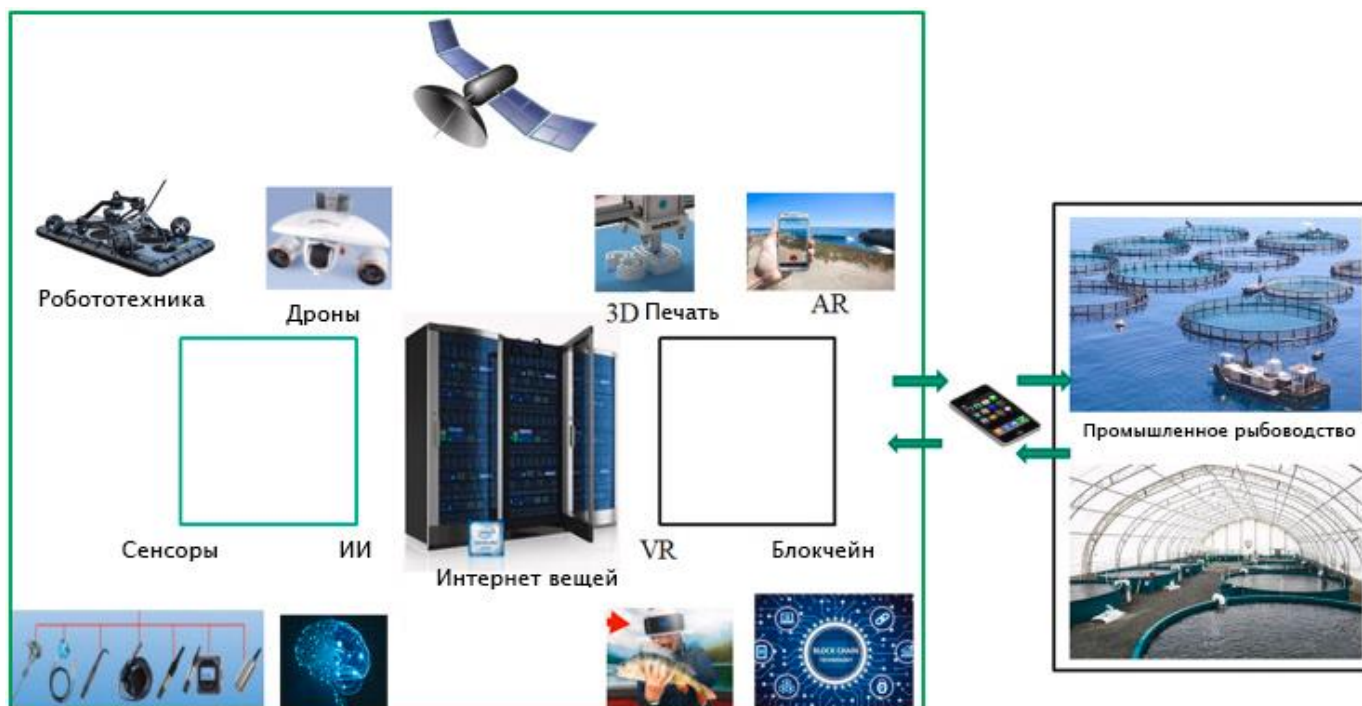


Рис. 1 – Технологии, повлиявшие на производство аквакультуры

1. Информационные/цифровые технологии

Хотя в последние 50 лет развитие аквакультуры идет очень быстрыми темпами, еще многое предстоит сделать для повышения ее прибыльности и устойчивости. Нижеописанные информационные/цифровые технологии могут революционизировать индустрию аквакультуры [3].

1.1 Робототехника для выполнения трудоемкой работы

Производство аквакультуры - сложный процесс. Многие шаги, включая кормление, очистку прудов и сетей, мониторинг поведения и удаление больной рыбы, являются трудоемкими и дорогостоящими, что может быть сложно без использования машин. Кроме того, в индустрии аквакультуры не существует роботизированных систем, которые могут работать универсально для всех видов и систем аквакультуры из-за их большого разнообразия. Однако с технологической точки зрения решения этих сложных задач в аквакультуре все же существуют [4]. Роботы могут применяться для кормления, очистки прудов и сетей, введения вакцин и удаления больной рыбы. Поэтому разработки в этом направлении имеют огромный потенциал.

Например, автоматизированные подводные роботы уже использовались для проверки и очистки состояния сетей в лососевой промышленности, что привело к уменьшению числа ручных операций. Роботы также использовались для обследования здоровья рыбы, мониторинга ограждений и предотвращения побегов выращиваемой рыбы. На самом деле роботы могут сделать аквакультуру более прибыльной, потому что роботы способны работать непрерывно без перерыва в плохих условиях окружающей среды и без потребности в помощи человека. Поведение рыб можно отслеживать в режиме реального времени. Многие научно-исследовательские институты и компании, разработали и разрабатывают различные типы роботов для аквакультуры. Некоторые типы были протестированы и доказали свою эффективность [5]. Несмотря на все эти захватывающие роботизированные продукты, важно отметить, что полностью автоматизированная аквакультура в настоящее время все еще невозможна и может не осуществиться в краткосрочной перспективе (например, через 5-10 лет). Тем не менее, несомненно, что в ближайшие 5-10 лет произойдут существенные изменения в том, как выращивают рыбу с помощью роботов. Следует также отметить, что любая автоматизация с использованием робототехники должна учитывать специфику каждого вида, культурных систем и различных сред.

1.2 Беспилотные летательные аппараты для сбора данных

Как и роботы, упомянутые выше, дроны могут выполнять большую работу над и под водой для аквакультурной промышленности. Беспилотные летательные аппараты способны отслеживать рыбные фермы на суше и в море, особенно на морских аквакультурных площадках. Многие работы, включая проверку отверстий и повреждений в клетках, могут выполняться беспилотными летательными аппаратами. Многие научно-исследовательские институты и компании разрабатывают и производят беспилотные летательные аппараты для аквакультуры. Что еще более важно, дроны могут собирать новую информацию, которую трудно получить людям [6].

Эта информация может быть использована для создания алгоритмов для дальнейшего развития технологий повышения эффективности производства аквакультуры. Например Sairldrone собирал данные о хозяйствах, анализировал рыбные запасы и отслеживал состояние окружающей среды. Эти данные могут быть легко применены к аквакультуре. Беспилотные летательные аппараты в сочетании с искусственным интеллектом (ИИ) и облачными вычислениями позволят сократить расходы и улучшить работу отрасли аквакультуры в целом. По оценкам, рынок беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве и аквакультуре к 2025 году составит 5,19 миллиарда долларов США.

1.3 ИИ позволяющий принимать быстрые и точные решения

Хотя роботы, беспилотные летательные аппараты и датчики обеспечивают быстрый сбор данных в режиме реального времени, все еще очень сложно принимать правильные решения, используя собранные данные из-за их большого объема. В настоящее время несколько научно-исследовательских институтов и стартапов в области технологий аквакультуры изучают и применяют искусственный интеллект (ИИ) для принятия более эффективных и быстрых решений. Благодаря ИИ производство аквакультуры может быть быстро увеличено в течение короткого периода, поскольку это делает аквакультуру менее трудоемкой областью [7].

Искусственный интеллект может быть использован на любом этапе в производстве аквакультуры. Например контроль за кормлением, контроль качества воды, вылов и обработка гидробионтов и т.д. В аквакультуре расходом ресурсов можно управлять с помощью искусственного интеллекта, а затраты могут быть снижены до 30 %. Таким образом, ИИ обеспечивает полный контроль над системами производства рыбы с меньшими затратами на техническое обслуживание и снижением затрат. Однако ИИ все еще имеет ограничения из-за небольшого количества имеющихся данных. Количество данных становится все более важным. Поэтому рыбные фермы и крупные компании, занимающиеся аквакультурой, должны делиться друг с другом данными в области производства и маркетинга аквакультуры [8].

Только при наличии достаточных данных о производстве аквакультуры каждого вида в различных условиях культивирования и создании баз данных в общедоступных системах, исследователи и фермеры смогут использовать их для разработки улучшенных алгоритмов выращивания и принятия более взвешенных решений

1.4 Виртуальная реальность (VR) для обучения и консультирования

Виртуальная реальность (VR) способна преобразовывать окружающую среду в цифровой интерфейс, помещая виртуальные объекты в реальное время в реальный мир. В индустрии аквакультуры существует несколько потенциальных применений виртуальной реальности, в том числе в преподавании и образовании [9].

Например, VR применялась для стимулирования интереса молодежи Норвегии к аквакультуре. НИТУ разработал систему виртуальной реальности, которая позволяет студентам видеть реальные действия и ситуации на рыбной ферме. В Китае Даляньский океанический университет также разработал/построил платформу виртуального моделирования, которая использует виртуальную реальность, мультимедиа и взаимодействие человека с компьютером что позволяет сильно сократить затраты на обучение по сравнению с традиционными способами.

1.5 Блокчейн как надежный инструмент отслеживания

Блокчейн был введен в 2008 году Накамото в качестве механизма управления данными в системе криптовалюты Биткоин. В блокчейне данные децентрализованы, при этом ни один человек, ни одна корпорация или ни одно правительство не владеет этими данными и не контролирует их, в то время как они доступны всем. Его основные преимущества заключаются в том, что данные в цепочке, образованной блоками данных, защищены и защищены от несанкционированного доступа. Например, приложения на основе блокчейна разрабатываются и применяются для поддержки обмена данными, обработки платежей, денежных переводов, распределенных облачных систем хранения данных и защиты цифровой идентификации [10].

Индустрия аквакультуры создала и собрала огромные данные о различных компаниях и фермерах. Однако эти данные обычно не передаются в централизованную систему. С помощью технологии блокчейн цепочка поставок в отрасли аквакультуры может стать цифровой, что обеспечит полную прослеживаемость от фермы до потребителей и объединит воедино заинтересованные стороны. Технология блокчейн способна безопасно и эффективно собирать, обмениваться и анализировать огромные массивы данных из различных отраслей аквакультуры.

Эта технология может принести большую пользу отрасли аквакультуры за счет решения проблем, связанных с затратами на отслеживание пищевых продуктов, мошенничеством с продуктами питания, пищевыми отходами и болезнями, связанными с продуктами питания. Блокчейн в аквакультуре способен сократить время обработки транзакций, повысить надежность и доверие между производителями, розничными торговцами, потребителями, правительствами и органами по сертификации. Цифровая прослеживаемость является важнейшим шагом для обеспечения безопасности пищевых продуктов.

Заключение

Эти технологии также создадут возможности для бизнеса и создание новых рабочих мест, в том числе для женщин и молодежи. С другой стороны, следует отметить, что некоторые новые и прорывные технологии могут создавать препятствия для мелких рыбоводов, у которых нет финансовых ресурсов для их внедрения. Важно обеспечить эффективное управление, чтобы новые технологии использовались для улучшения, а не подрывали устойчивость аквакультуры.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Шивокене Я.С. Численность и биомасса бактерий пищеварительного тракта прудовых рыб в зависимости от особенностей их питания / Я.С. Шивокене, О.П. Трепшене // Вопросы ихтиологии. - 1995.- Т.25, вып. 5. - С.821-827.
2. Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание / Б.А. Шендеров. – М.:, 1998. -413 с.
3. Фермерская аквакультура: Рекомендации. – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2007. – 192 с.
4. Абросимова Н.А. Липидная добавка для корма осетровых рыб / Н.А. Абросимова, Е.Г. Белов, Е.М. Саенко и др.- А.с. N 1585909 /СССР/. – 2010. – ДСП.- 9 с.

5. Антипов В.А. Эффективность и перспективы применения пробиотиков / В.А. Антипов, В.М. Субботин // Ветеринария. – 2009. - №12. – С. 12 – 16.
6. Баденко Л. В. Выращивание двухгодовика севрюги на искусственных кормах с применением антибиотиков / Л. В. Баденко, Ю. С. Велокопытин, Т.Ф. Шувалова // Научно-техн. информ. ВНИИРО, 2007, N11.-С.56-65.
7. Баталова Т.А. Коррекция нормофлоры кишечника человека / Т.А. Баталова, Д.Н. Лазарева, Л.М. Голубева // Материалы науч. – практич. конф. – Уфа, 2013. – С. 14 -17.
8. Бергнер Х.Р. Научные основы питания сельскохозяйственных животных / Х.Р. Бергнер, Х.А. Кетц; Пер. с нем. М.: Колос, 2013.- 597 с.
9. Берман Ш. А. Исследования о роли антибиотиков в кормлении карпа / Ш. А. Берман.- Известия АН Латв. ССР, 2016, N3.- С.151-154.
10. Бондаренко Л.Г. Стартовый комбикорм для рыб / Л.Г. Бондаренко, И.А. Бурцев, Т.А. Орлова.- А.с. N 1084005 /СССР/.- 2017.
11. Butler N. The transition from fossil fuels / N. Butler // Sustainable Energy, Cambridge Energy Forum. 2019.
12. Day J.G. In vitro Culture and Conservation of Microalgae: Applications for Aquaculture, Biotechnology and Environmental Research / John G Day, Erica E, Benson, Roland A, Fleck // In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant, 35(2): 127-136.
13. Olaizola M. Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace / M. Olaizola // Biomolecular Engineering, 2019. 20: 459-466.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shivokene Ya. S. Chislennost' i biomassa bakterij pishhevaritel'nogo trakta prudovykh ryb v zavisimosti ot osobennostej ikh pitaniya [The number and biomass of bacteria in the digestive tract of pond fish, depending on the characteristics of their nutrition] / Ya. S. Shivokene, O. P. Trepshene // Voprosy ikhtiologii [Issues of ichthyology]. - 1995. - Vol. 25, issue 5. - pp. 821-827 [in Russian]
2. Shenderov B. A. Medicinskaja mikrobnaja ehkologija i funkcional'noe pitanie [Medical microbial ecology and functional nutrition] / B. A. Shenderov. - М.: 1998. -413 p. [in Russian]
3. Fermerskaja akvakul'tura: Rekomendacii [Farm aquaculture: Recommendations]. - М.: FGNU "Rosinformagrotekh", 2007. - 192 p. [in Russian]
4. Abrosimova N. A. Lipidnaja dobavka dlja korma osetrovjkh ryb [Lipid additive for sturgeon fish feed] / N. A. Abrosimova, E. G. Belov, E. m. Saenko, et al. - А. S. N 1585909 /USSR/. - 2010 – chipboard.- 9 p. [in Russian]
5. Antipov V. A. Ehffektivnost' i perspektivy primeneniya probiotikov [The effectiveness and prospects of the use of probiotics] / V. A. Antipov, V. M. Subbotin // Veterinarija [Veterinary medicine]. - 2009. - No. 12. - pp. 12-16. [in Russian]
6. Badenko L. V. Vyrashhivanie dvukhgodovika sevrjugi na iskusstvennykh kormakh s primeneniem antibiotikov [Growing a two-year-old sevruga on artificial feeds with the use of antibiotics] / L. V. Badenko, Yu. S. Velokopytin, T. F. Shuvalova - 2007, N11. - pp. 56-65 [in Russian]
7. Batalova T. A. Korrekcija normoflory kischechnika cheloveka [Correction of the normoflora of the human intestine] / T. A. Batalova // Materialy nauch. – praktich. konf. [Proceedings of the scientific and practical conference] - Ufa, 2013. - pp. 14 -17 [in Russian]
8. Bergner H. R. Nauchnye osnovy pitaniya sel'skokhozjajstvennykh zhivotnykh [Scientific bases of nutrition of farm animals] / H. R. Bergner, H. A. Ketz / Translation from German. Moscow: Kolos, 2013. - 597 p. [in Russian]
9. Berman Sh. A. Issledovanija o roli antibiotikov v kormlenii karpa [Research on the role of antibiotics in carp feeding].- Izvestia AN Latv. SSR, 2016, N3. - pp. 151-154. [in Russian]
10. Bondarenko L. G. Startovyj kombikorm dlja ryb. [Starting compound feed for fish] / L. G. Bondarenko, I. A. Burtsev, T. A. Orlova. - А. S. N 1084005 /USSR/.- 2017 [in Russian]
11. Butler N. The transition from fossil fuels / N. Butler // Sustainable Energy, Cambridge Energy Forum. 2019.
12. Day J.G. In vitro Culture and Conservation of Microalgae: Applications for Aquaculture, Biotechnology and Environmental Research / John G Day, Erica E, Benson, Roland A, Fleck // In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant, 35(2): 127-136.
13. Olaizola M. Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace / M. Olaizola // Biomolecular Engineering, 2019. 20: 459-466.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.027>

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПРИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Научная статья

Сайфуллин Р.Р.*

НИЦ-1 Научно-исследовательский институт ФСИН России, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (nii.nauka[at]mail.ru)

Аннотация

Сохранение и эффективное использование плодородия почв сельскохозяйственного назначения – одно из условий развития культуры земледелия и получения стабильных, высоких урожаев. Любое использование земель в сельскохозяйственных целях приводит к постепенной деградации почв в целом, а в частности и к неминуемым потерям гумуса и снижению почвенного плодородия. Агроландшафты испытывают постоянное негативное воздействие при эксплуатации земель, что приводит к естественному истощению запасов почвенного органического вещества. Ухудшаются агрофизические и агрохимические свойства почв.

В связи с этим не снижается актуальность изучения вопросов прогнозирования направленности и интенсивности деградационных процессов в почве, вопросов по научному обоснованию и разработке практических мероприятий по сдерживанию негативных факторов.

Ключевые слова: почвенное плодородие, деградация почв, органическое вещество, гумификация, дегумификация, минерализация, гумус, гумат.

CHANGES IN SOIL FERTILITY DURING THEIR AGRICULTURAL USE

Research article

Sayfullin R.R.*

Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (Research Center No. 1), Moscow, Russia

* Corresponding author (nii.nauka[at]mail.ru)

Abstract

The preservation and effective use of agricultural soil fertility is one of the conditions for the development of agricultural culture and obtaining stable, high yields. Any use of land for agricultural purposes leads to gradual degradation of soils, specifically to the inevitable loss of humus and a decrease in soil fertility. Cultivated lands experience a constant negative impact during land exploitation, which leads to a natural depletion of soil organic matter reserves. As a result, the agrophysical and agrochemical properties of soils deteriorate.

In this regard, the present-day significance of studying the issues of forecasting the direction and intensity of degradation processes in the soil, as well as the issues of scientific justification and the development of practical measures to contain negative factors, does not decrease.

Keywords: soil fertility, soil degradation, organic matter, humification, dehumification, mineralization, humus, humate.

Введение

Сельскохозяйственное производство предполагает, в том числе рациональное использование почвенных ресурсов. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур с одновременным воспроизводством плодородия почвы в севообороте является одной из важных задач земледелия, поскольку вынос элементов питания с урожаем огромен, поступление надземной биомассы на агроценозах, по сравнению с целинными биотопами, ничтожно. На данных землях минерализация органического вещества превалирует над синтезом. Антропогенное воздействие на почву приводит к кардинальным изменениям в гумусовом режиме почвы.

Основная часть

Использование почв в сельском хозяйстве нарушает соотношение процессов гумусообразования и минерализации, установление равновесного содержания гумуса определяется уровнем восполнения органическими и минеральными удобрениями основных питательных веществ, постоянно отчуждаемых урожаем сельскохозяйственных культур, количеством и составом поступающих в почву растительных остатков, условиями их гумификации и развитием эрозии.

Наибольшие трансформации в функционировании почвенного покрова происходят в период освоения целинных земель. Показатели плодородия ежегодно меняются в сторону понижения. Параллельно с уменьшением мощности гумусового горизонта наблюдается снижение гумусированности почв. Активное сельскохозяйственное использование почв приводит к повсеместному развитию дегумификации, снижению мощности гумусового горизонта [1]. Кроме того, после распашки целины резко усиливается дефляция и выдувание мелкозема, который на 75-80 % состоит из органических частиц [2].

Выделяются два периода в снижении содержания органического вещества в почве. Быстрая первоначальная потеря гумуса обусловлена уменьшением поступления органического вещества и минерализацией накопленных легкоразлагаемых соединений при введении в культуру. По мере истощения запасов растительных остатков микроорганизмы начинают минерализовать основные компоненты гумуса, что приводит к снижению темпов минерализации органического вещества при дальнейшем сельскохозяйственном использовании почв [3].

Литературные данные показывают, что при продолжительном использовании почв содержание гумуса в пахотном слое снижается в среднем на 20-35% [4], [5]. Процессу дегумификации подвержены почвы всех пахотных угодий [6].

Представим обобщенные данные гумусового состояния черноземов в виде таблицы (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Показатели гумусового состояния черноземов выщелоченных при их сельскохозяйственном использовании

Целина	Огородный участок	Пашня
Содержание гумуса в слое 0-20 см, %		
10,0 ±0,5	8,5±0,35	7,0±0,3
Потери гумуса, % к целине		
-	15	30
Запасы гумуса в слое 0-20 см, т/га		
196±10	172±5	146±4
Запасы гумуса в слое 0-100 см, т/га		
560±10	530±11	475±10
Степень гумификации, Сгк •100/Сорг		
45,0±1,0	47,0±1,0	48,3±1,2
Тип гумуса, Сгк:Сфк		
2,6±0,11	2,7±0,04	2,9±0,06
Содержание «свободных» гуминовых кислот, % к сумме ГК		
25,0±0,8	20,0±1,1	17,2±1,0
Содержание гуминовых кислот связанных с Са, % к сумме ГК		
66,0±1,5	67,4±1,5	70,8±2,0
Содержание прочносвязанных гуминовых кислот, % к сумме ГК		
9,0±1,0	10,0±0,9	12,0±0,8
Негидролиземый остаток, % от Сорг.		
32,0±1,3	34,3±1,5	35,3±1,6
Содержание подвижного гумуса в слое 0-20 см, %		
1,0±0,09	0,60±0,05	0,45±0,04
Потери подвижного гумуса, % к целине		
-	40	55
Запасы подвижного гумуса в слое 0-20 см, т/га		
19,6±1,1	12,2±0,8	9,4±0,7

Из показаний таблицы видно, что основное количество гумуса сосредоточено в слое 0-50 см и до 70 см. Содержание гумуса в пахотных почвах среднее, в целинных аналогах – высокое. Степень гумификации органического вещества очень высокая.

Прослеживается закономерность изменения содержания и состава гумуса в агроценозах при их использовании. Содержание общего гумуса под пашнями снижается на 15-30%. Меняется количество подвижного гумуса на 40-50%, в сторону уменьшения. В ряду основных видов агрогенной деградации почв, главным является нарушение их гумусового состояния. Дегумификация – это наиболее существенный вид деградации почвы. Фракционный состав почв так же претерпевает изменения. В пахотных почвах увеличиваются относительное содержание вторых и третьих фракций гуминовых кислот, они переходят в более инертное состояние и гумус становится более гуматным.

Количественные и качественные показатели изменения гумуса тесно связаны с характером сельскохозяйственного использования. Установленные количества гумуса в почвах являются равновесным уровнем его содержания, соответствующим изменениям вызванным характером их использования.

По относительному содержанию углеродной биомассы почвы различаются незначительно, но микроорганизмы из целинной почвы обладают большей физиологической активностью. При относительно низком содержании подвижного гумуса минерализация более сложных по структуре гумусовых веществ требует больших энергетических затрат, что вызывает снижение интенсивности разложения гумуса и выделения CO₂. Наибольшая эффективность биологического превращения соединений углерода характерна для целинной почвы.

В пахотной почве по сравнению с целинной почвой наблюдается увеличение использования углерода на образование единицы минеральных форм азота, что свидетельствует о снижении энергетической эффективности биологического превращения гумуса при некомпенсированном уровне баланса органического вещества. По мере истощения запасов легкометаболизированного источника углерода вовлечение в метаболизм более устойчивых к биоразложению компонентов гумуса происходит с большими затратами энергии, что сопровождается дополнительным использованием углерода на высвобождение азота.

Исследованиями ряда авторов установлено, что содержание общего азота в пахотном горизонте почв меньше, чем в целинных аналогах, а в черноземах – на 14-37%. Количество минерального азота, наоборот, выше в распаханых почвах [7], [8].

Уровень накопления минерального азота в почве определяется скоростью минерализации гумуса. При биологической минерализации азот высвобождается в результате окисления углерода микроорганизмами для получения энергии. Необрабатываемая почва по способности обеспечивать растения минеральным азотом в среднем в два раза превышает пахотную почву. Запасы легкометаболизированного углерода в почве являются определяющим фактором в обеспечении растений минеральным азотом и стабильностью функционирования агроценозов [9].

Заключение

Таким образом, в агроценозах увеличивается степень гумификации органического вещества, по составу гумус становится более гуматным. Содержание общего гумуса в почвах снижается на 15-30%. Наиболее существенные изменения происходят в содержании потенциально минерализуемого органического вещества.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Хасанов А.Н. Ретроспективный анализ состояния плодородия почв Южной лесостепи Республики Башкортостан за длительный период использования / А.Н. Хасанов, И.Г. Асылбаев, Б.В. Рафиков и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 30-36.
2. Ерёмин Д.И. Изменение гумусного состояния при распашке целинного чернозема выщелоченного в условиях лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Ерёмин, В.Л. Телицын, Г.Д. Притчина // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 17-19.
3. Хазиев Ф.Х. Почвы Башкортостана / Ф. Х. Хазиев, А. Х. Мукатанов, И. К. Хабилов и др. – Уфа: Гилем, Т. 1. 1995. – 385 с.
4. Гамзиков Г.П. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почв / Г.П. Гамзиков, М.Н. Кулагина // Почвоведение. 1990. № 11. С. 57-67.
5. Багаутдинов Ф.Я. Состав и трансформация органического вещества почв / Ф.Я. Багаутдинов, Ф.Х. Хазиев. – Уфа: Гилем, 2000. – 197 с.
6. Хазиев Ф.Х. Почвы Республики Башкортостан и регулирование их плодородия / Ф.Х. Хазиев. – Уфа: Гилем, 2007. – 288 с.
7. Хабилов И.К. Экология и биохимия азота в почвах Приуралья / И. К. Хабилов. – Уфа: Гилем, 1993. – 224 с.
8. Хазиев Ф.Х. Органическое вещество почв / Ф. Х. Хазиев, А. Х. Мукатанов, Ф. Я. Багаутдинов и др. – Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. – 273 с.
9. Сайфуллин Р.Р. Пути увеличения содержания гумуса в почвах Южно-лесостепной зоны Республики Башкортостан / Р.Р. Сайфуллин, М.С. Мартынов // Оптимизация природопользования и охрана окружающей среды Южно-уральского региона. Российская научно-практическая конференция, 25-27 марта. Оренбургский государственный университет, 1998. С.92-93.
10. Ушаков Р.Н. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв в процессе длительного сельскохозяйственного использования / Р.Н. Ушаков, А.В. Неведов, Н.А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 3 (35). С. 78-83.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Khasanov A.N. Retrospektivnyj analiz sostojanija plodorodija pochv Juzhnoj lesostepi Respubliki Bashkortostan za dlitel'nyj period ispol'zovanija [Retrospective analysis of the state of soil fertility in the Southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan for a long period of use] / A.N. Khasanov, I.G. Asylbayev, B.V. Rafikov et al. // Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Izvestiya Gorsky State Agrarian University]. 2019. No. 1. pp. 30-36. [in Russian]
2. Eremin D.I. Izmenenie gumusnogo sostojanija pri raspashke celinnogo chernozema vyshhelochennogo v uslovijah lesostepnoj zony Zaural'ja [Change of humus state during plowing of virgin leached chernozem in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] / D.I. Eremin, V.L. Telitsyn, G.D. Pritchina // Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2012. No. 10. pp. 17-19. [in Russian]
3. Khaziev F.H. Pochvy Bashkortostana [Soils of Bashkortostan] / F. H. Khaziev, A. H. Mukatanov, I. K. Khabirov et al. - Ufa: Gilem, Vol. 1. 1995-- 385 p. [in Russian]
4. Gamzikov G.P. Vlijanie dlitel'nogo sistematicheskogo primenenija udobrenij na organicheskoe veshhestvo pochv [The influence of long-term systematic application of fertilizers on the organic matter of soils] / G.P. Gamzikov, M.N. Kulagina // Pochvovedenie [Soil science]. 1990. No. 11. pp. 57-67. [in Russian]
5. Bagautdinov F.Ya. Sostav i transformacija organicheskogo veshhestva pochv [Composition and transformation of organic matter of soils] / F.Ya. Bagautdinov, F.H. Khaziev. - Ufa: Gilem, 2000-- 197 p. [in Russian]
6. Khaziev F.H. Pochvy Respubliki Bashkortostan i regulirovanie ih plodorodija [Soils of the Republic of Bashkortostan and regulation of their fertility] / F.H. Khaziev. - Ufa: Gilem, 2007. - 288 p. [in Russian]
7. Khabirov I.K. Jekologija i biohimija azota v pochvah Priural'ja [Ecology and biochemistry of nitrogen in the soils of the Urals] / I. K. Khabirov. - Ufa: Gilem, 1993. - 224 p. [in Russian]
8. Khaziev F.H. Organicheskoe veshhestvo pochv [Organic matter of soils] / F. H. Khaziev, A. H. Mukatanov, F. Ya. Bagautdinov et al. - Ufa: BNC UrO of the USSR Academy of Sciences, 1991. - 273 p. [in Russian]
9. Sayfullin R.R. Puti uvelichenija soderzhaniya gumusa v pochvah Juzhno-lesostepnoj zony Respubliki Bashkortostan [Ways to increase the humus content in the soils of the Southern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan] / R.R. Sayfullin, M.S. Martynov // Optimizacija prirodnopol'zovanija i ohrana okruzhajushhej sredy Juzhno-ural'skogo regiona. Rossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija, 25-27 marta [Optimization of nature management and environmental protection of the South Ural region. Russian Scientific and Practical Conference, March 25-27]. Orenburg State University, 1998. pp.92-93. [in Russian]
10. Ushakov R.N. Izmenenie agrohimicheskikh svojstv dernovo-podzolistyh pochv v processe dlitel'nogo sel'skhoz'jajstvennogo ispol'zovanija [Change of agrochemical properties of sod-podzolic soils in the process of long-term agricultural use] / R.N. Ushakov, A.V. Nefedov, N.A. Ivannikova // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. [Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev]. 2017. No. 3 (35). pp. 78-83. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.028>

ИССЛЕДОВАНИЕ ХРАНИМОУСТОЙЧИВОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОБИОТИЧЕСКОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА

Научная статья

Симоненко Е.С.*

Научно-исследовательский институт детского питания – филиал «ФИЦ питания и биотехнологии», Истра, Россия

* Корреспондирующий автор (economy[at]niidp.ru)

Аннотация

В статье исследуется хранимостойкость пробиотического продукта на основе кобыльего молока, а также проведены исследования динамической вязкости образцов в процессе хранения. В качестве основы для сквашивания выбраны: основа № 1 концентрированное кобылье молоко (для образования сгустка при сквашивании) и основа № 2 кобылье молоко с добавлением коровьего молока (для обеспечения лучшей органолептики при наличии сгустка). В результате анализа свойств заквасочных микроорганизмов, используемых для производства кисломолочных продуктов, была выбрана в качестве основной кислотообразующей микрофлоры закваски традиционно используемые при производстве йогуртов микроорганизмы *S.thermophilus* и *L.delbrueckii subsp bulgaricus*, а в качестве дополнительной культуры, обладающей пробиотическими свойствами *L. rhamnosus* F (GenBank MN994629). Показана динамика изменения количества клеток молочнокислых и пробиотических микроорганизмов в процессе хранения партий кисломолочных продуктов на основе кобыльего молока при температуре 4 ± 2 °C. Описаны итоги исследований допустимых уровней содержания микроорганизмов в партиях кисломолочного напитка на основе кобыльего молока. Результаты исследования динамической вязкости образцов кисломолочного продукта показали увеличение вязкости в процессе всего срока хранения на 20 % образцов на основе № 2 и стабильность в хранении. В ходе проведенных исследований разработан продукт, соответствующий требованиям ТР ТС 033, предъявляемым к продуктам с пробиотическими культурами.

Ключевые слова: кисломолочный продукт, кобылье молоко, коровье молоко, хранимостойкость, динамическая вязкость, молочнокислые, пробиотические микроорганизмы.

A STUDY OF STORAGE STABILITY AND DETERMINATION OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF A PROBIOTIC FERMENTED MILK PRODUCT BASED ON MARE'S MILK

Research article

Simonenko E.S.*

Scientific Research Institute of Baby Food — a Branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology".

* Corresponding author (economy[at]niidp.ru)

Abstract

The article examines the storage stability of a probiotic product based on mare's milk, as well as the dynamic viscosity of samples during storage. As the basis for fermentation, the following bases were selected: base No. 1 — concentrated mare's milk (for the formation of a coagulate during fermentation) and base No. 2 — mare's milk with the addition of cow's milk (to ensure better organoleptics in the presence of a coagulate). As a result of the analysis of the properties of fermenting microorganisms used for the production of fermented milk products, the microorganisms *S.thermophilus* and *L.delbrueckii subsp bulgaricus* traditionally used in the production of yoghurts were selected as the main acid-forming microflora of the starter culture, while *L. rhamnosus* F (GenBank MN994629) was selected as an additional culture with probiotic properties. The authors show the dynamics of changes in the number of cells of lactic acid and probiotic microorganisms during the storage of batches of fermented dairy products based on mare's milk at a temperature of 4 ± 2 °C. Also, the study describes the results of studies of permissible levels of microorganisms in batches of fermented milk drink based on mare's milk. The results of the study of the dynamic viscosity of fermented milk product samples showed an increase in viscosity during the entire shelf life by 20% of samples based on No. 2 and stability in storage. In the course of the conducted research, a product has been developed that meets the requirements of Technical Regulation of Customs Union 033 for products with probiotic cultures.

Keywords: fermented milk product, mare's milk, cow's milk, storage stability, dynamic viscosity, lactic acid, probiotic microorganisms.

Введение

В последние годы рынок функциональных продуктов питания благодаря повышенному интересу потребителей и продвижению правильного питания и здорового образа жизни стабильно растет. Кисломолочные продукты, особенно продукты, похожие на йогурт, уже много десятилетий продаются как пробиотики. Хотя йогурт, произведенный из коровьего молока, является самым популярным йогуртом во всем мире, спрос на альтернативы растет из-за увеличения распространенности аллергии на коровье молоко и из-за растущего интереса к уникальной пользе для здоровья продуктов на основе кобыльего молока [1]. Кобылье молоко, благодаря своей биологической ценности и разнообразию содержащихся в нем веществ, обладает высокой усвояемостью и может стать конкурентоспособным продуктом в сравнении с молоком других видов сельскохозяйственных животных [2].

Для разработки и производства новых продуктов гарантированного качества из кобыльего молока требуется его обязательная пастеризация, поскольку данное сырье относится к скоропортящимся, и термическая обработка в технологическом цикле становится необходимой операцией для соблюдения требований безопасности, установленных Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) [3].

В настоящее время не установлено конкретных параметров для процесса пастеризации кобыльего молока. Именно поэтому проблема формирования температурно-временных рекомендаций по его термообработке и разработка кисломолочного продукта на основе кобыльего молока с определением его хранимостпособности является весьма актуальной [4], [5].

Методы и принципы исследования

Для проведения исследования хранимостпособности пробиотического кисломолочного продукта были выработаны 4 партии продукта.

Партия №1 – основа № 1 для сквашивания состоит из молока кобыльего с добавлением сухого кобыльего молока.

Партия №2 - основа № 2 для сквашивания состоит из кобыльего молока с добавлением коровьего молока.

Партия №3 - основа № 3 для сквашивания состоит из концентрированного кобыльего молока, дополнительно вносили экстракт фейхоа в количестве 1,5%.

Партия № 4 - основа № 4 для сквашивания состоит из кобыльего молока с добавлением коровьего молока и экстракта фейхоа в количестве 1,5%.

Образцы напитка кисломолочного исследовали в процессе хранения в холодильнике при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, с последующим определением количества клеток молочнокислых бактерий, *Lactobacillus rhamnosus* TR, БГКП, дрожжей и плесневых грибов, *S.aureus*, *Salmonella* в исходном кисломолочном продукте через 5, 10, 15 и 20 суток хранения.

При выполнении работы использовали физико-химические методы, а также микробиологические методы по определению молочнокислых микроорганизмов, КМАФАнМ и БГКП, дрожжей и плесневых грибов, *S.aureus*, *Salmonella*, комплексно обеспечивающие выполнение поставленных экспериментальных задач.

Структурно-механические показатели кисломолочного продукта были исследованы с помощью вискозиметра BROOKFIELD DV-II+ PRO. Исследования проводили в трех повторностях в течение 3 часов после снятия каждого из образцов с хранения.

Основные результаты

Первоначальное содержание *L. rhamnosus* TR в образцах кисломолочного напитка, заложенного на хранение составляло для образцов, выработанных на основе № 1 – $3,8 \times 10^7$ КОЕ/см³ без внесения экстракта фейхоа и $2,7 \times 10^8$ КОЕ/см³ с добавлением экстракта фейхоа, а для образцов, выработанных на основе № 2 – $3,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ без внесения экстракта фейхоа и $2,9 \times 10^8$ КОЕ/см³ с добавлением экстракта фейхоа. Первоначальное содержание молочнокислых микроорганизмов составляло - 7×10^7 КОЕ/см³ и $1,1 \times 10^9$ КОЕ/см³ для напитка кисломолочного на основе № 1 без и с добавлением экстракта фейхоа соответственно, а для напитка кисломолочного на основе № 2 - $1,1 \times 10^8$ КОЕ/см³ и $1,1 \times 10^9$ КОЕ/см³ без и с добавлением экстракта фейхоа соответственно [6].

Данные по динамике изменения количества клеток пробиотических штамма *L. rhamnosus* TR в процессе хранения выработанных образцов кисломолочных напитков представлены на рисунке 1.

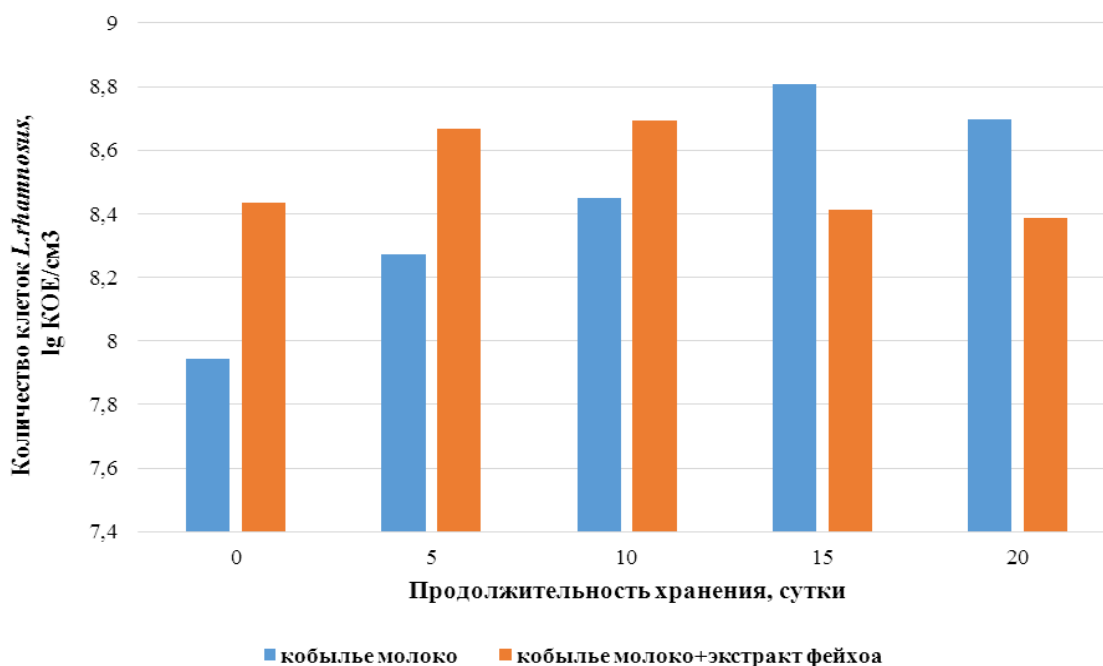


Рис. 1 – Количество клеток *L. rhamnosus* TR в кисломолочном продукте, приготовленном на основе № 1 в процессе хранения при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$

В процессе хранения кисломолочного напитка на основе № 1 в течение 15 суток происходит увеличение количества клеток *L. rhamnosus* TR, а на 20-е сутки хранения количество клеток *L. rhamnosus* TR незначительно снизилось в пределах одного порядка и в конце хранения составило $4,98 \times 10^8$ КОЕ/см³. В кисломолочном напитке, приготовленном на основе № 1 с добавлением экстракта фейхоа в процессе хранения количество клеток *L. rhamnosus* TR немного увеличилось через 10 суток хранения, а затем незначительно снижалось и в конце хранения составило $2,43 \times 10^8$ КОЕ/см³.

В соответствии с рисунком 1 видно, что в кисломолочном напитке, приготовленном на основе № 1 с добавлением экстракта фейхоа в процессе хранения количество клеток *L. rhamnosus* TR немного увеличилось через 10 суток хранения, а затем незначительно снижалось и в конце хранения составило $2,43 \times 10^8$ КОЕ/см³.

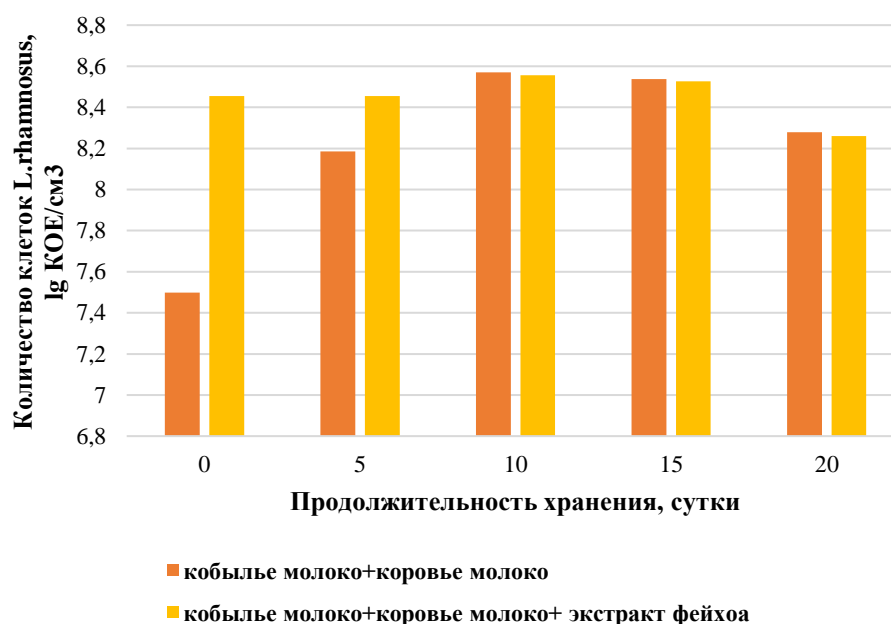


Рис. 2 – Количество клеток *L. rhamnosus* TR в кисломолочном напитке, приготовленном на основе № 2 в процессе хранения при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$

В кисломолочном продукте на основе № 2 и экстракта фейхоа начальное содержание *L. rhamnosus* TR было на порядок выше, чем в кисломолочном напитке на основе № 2 без экстракта и составило $2,35 \times 10^8$ КОЕ/см³. Однако, количество *L. rhamnosus* TR в процессе хранения кисломолочного продукта без фейхоа увеличивалось через 5 суток на один порядок, через 10 суток еще немного увеличивалось в пределах одного порядка, затем незначительно снижалось и в конце хранения составило $3,45 \times 10^8$ КОЕ/см³. начальное количество молочнокислых микроорганизмов (*S. thermophilus* + *L. bulgaricus*) в кисломолочных продуктах с внесением экстракта фейхоа было на порядок выше, чем без экстракта и составило $1,1 \times 10^9$ КОЕ/см³ и сохранялось на том же уровне для кисломолочного продукта на основе № 1, а для продукта на основе № 2 незначительно снижалось через 15 суток хранения и составило 7×10^8 КОЕ/см³. В кисломолочном продукте на основе № 2 без внесения экстракта фейхоа количество клеток молочнокислых микроорганизмов (*S. thermophilus* + *L. bulgaricus*) незначительно увеличивалось через 5 суток хранения и в конце хранения не изменилось и составило 7×10^8 КОЕ/см³. Результаты проведенных исследований показывают, что все опытные партии кисломолочных продуктов по количеству молочнокислых и пробиотических бактерий соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013 в части содержания молочнокислых микроорганизмов в продукте не менее 10^7 КОЕ/см³ и пробиотических микроорганизмов не менее 10^6 КОЕ/см³ [7]. По показателям

При хранении опытных партий кисломолочных продуктов по показателям безопасности все образцы кисломолочных продуктов соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013 в течение всего срока хранения [7].

Проведенные исследования динамической вязкости образцов кисломолочного продукта на основе №1 в процессе хранения показали, что вязкость была незначительной, при этом кривые течения свидетельствуют об отсутствии образования гелеобразной структуры в кисломолочном продукте (Рисунок 3).

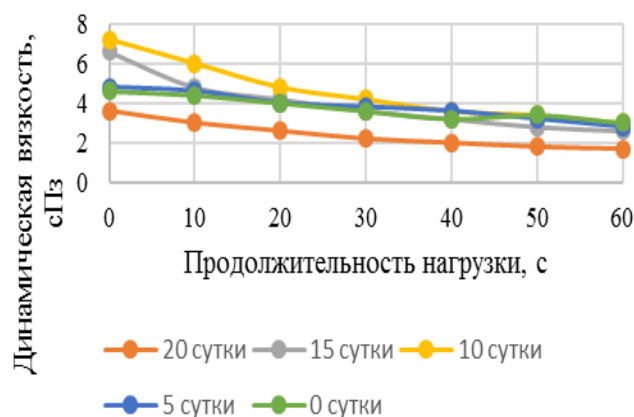


Рис. 3.1 – Структурно-механические характеристики КП на основе №1 в диапазоне нагрузок 10 об/мин

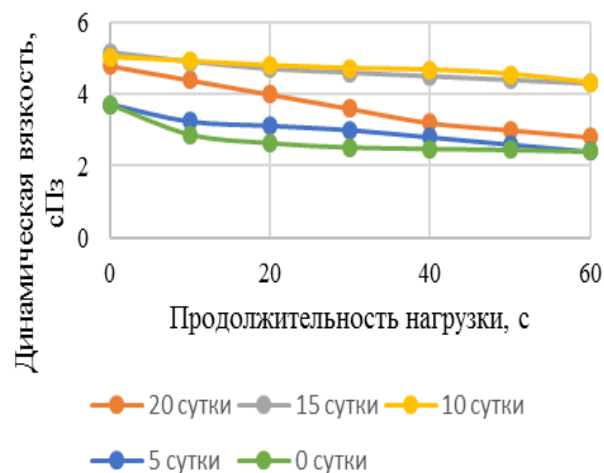


Рис. 3 – Структурно-механические характеристики КП на основе №1 в диапазоне нагрузок 50 об/мин

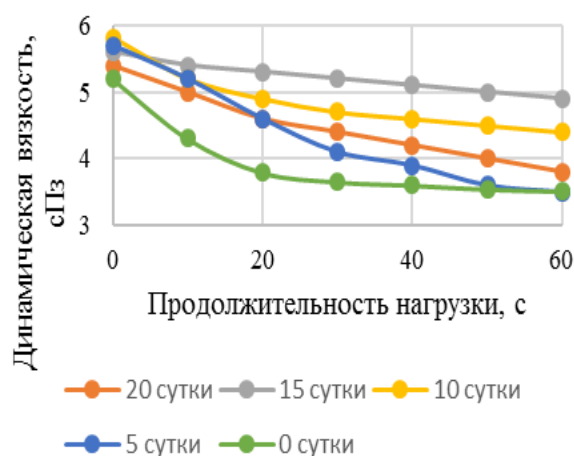


Рис. 3 – Структурно-механические характеристики КП на основе №1 в диапазоне нагрузок 100 об/мин

Оценка представленных на рисунках 4 результатов исследований позволила выявить схожую динамическую зависимость в поведении образцов, отличающихся вязкостью, но имеющих общую тенденцию к скорости разрушения структуры образцов за определённый отрезок времени. Кроме того, стоит отметить существенные изменения в вязкости на 10 сутки хранения, после чего наблюдаются незначительная тенденция к ее восстановлению. Добавление коровьего молока к кобыльему и повышение общего числа сухих веществ, оказали положительное влияние на структурно-механические характеристики кисломолочного продукта.

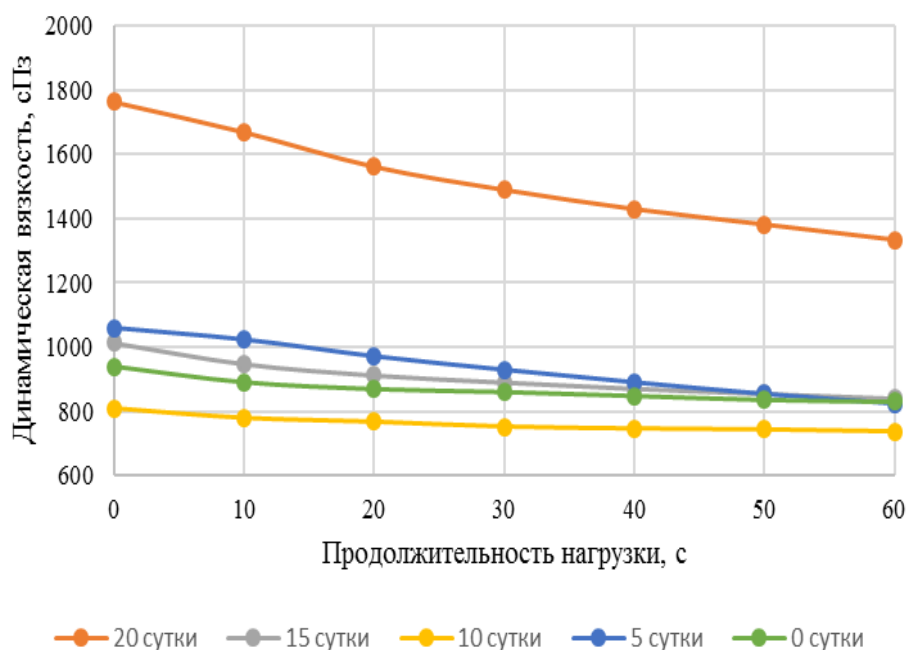


Рис. 4.1 – Структурно-механические характеристики КП на основе №2 в диапазоне нагрузок 10 об/мин

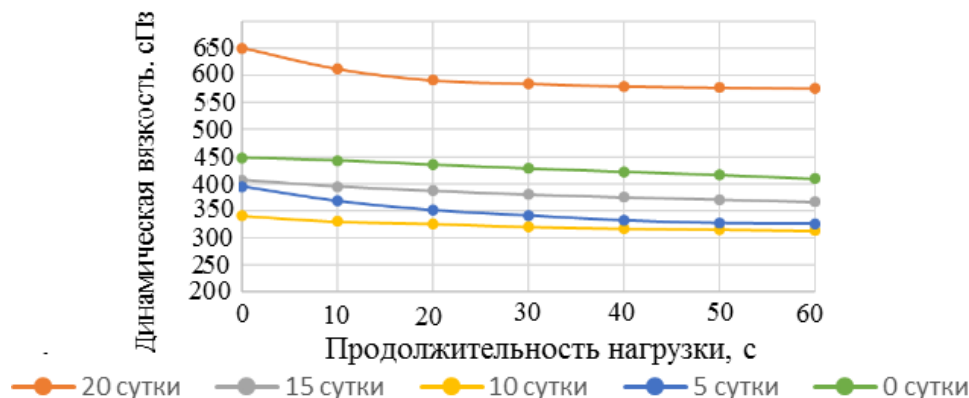


Рис. 4.2 – Структурно-механические характеристики КП на основе №2 в диапазоне нагрузок 50 об/мин

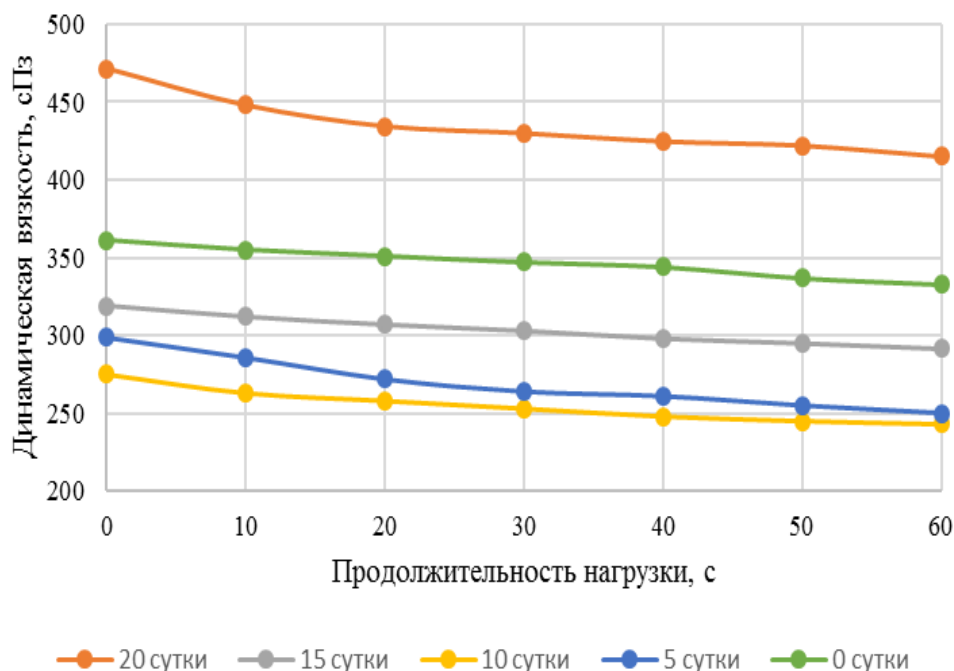


Рис. 4.3 – Структурно-механические характеристики КП на основе №2 в диапазоне нагрузок 100 об/мин

Заключение

Полученные результаты исследований показывают, что разработанный продукт соответствует требованиям ТР ТС 033, предъявляемый к продуктам с пробиотическими культурами. Количество молочнокислых бактерий в продукте не менее 10^7 КОЕ/см³ и пробиотических бактерий *L.rhamnosus* не менее 10^6 КОЕ/см³, БГКП(коли-формы) не обнаружены, *S.aureus* и *Salmonella* не выявлены, дрожжи и плесневые грибы не обнаружены. Результаты исследования динамической вязкости кисломолочного продукта на основе № 2 показали увеличение вязкости продукта в процессе всего срока хранения в равнение с кисломолочным продуктом на основе № 1 и стабильность в хранении.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Park Y.W. Mare milk Handbook of Milk of Non-bovine Mammals / Y.W. Park, H. Zhang, B. Zhang et al. ; Y. W. Park and G. F. W. Haenlein ed. Blackwell Publishing, Ames, IA (2006) P. 275–286
2. Mazhitova A.T. Amino Acid and Fatty Acid Profile of the Mare's Milk Produced on Suusamyr Pastures of the Kyrgyz Republic During Lactation Period / A.T. Mazhitova A.A. Kulmyrzaev, Z.E. Ozbekova et al. // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2015. V. 195. P. 2683-2688.
3. DiCagno R. Uses of mares' milk in manufacture of fermented milks / Raffaella DiCagno, Antonia Tamborrino, Giovanna Gallo et al. // International Dairy Journal. 2004. V. 14. Issue 9. P. 767-775.
4. Канарейкина С.Г. Влияние различных режимов пастеризации на качество кобыльего молока / С.Г. Канарейкина // Зоотехния. 2010. С.90-91.
5. Канарейкина С. Г. Кобылье молоко - уникальное сырьё для продуктов здорового питания / С.Г. Канарейкина, В.И. Канарейкин // Известия ОГАУ. – 2016. – №4 (60). – С.150-152.
6. Симоненко Е.С. Разработка кисломолочного продукта на основе кобыльего молока и ассоциации молочнокислых микроорганизмов / Е.С. Симоненко, А.В. Бегунова // Вопросы питания. Том 90, № 5, 2021.
7. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии № 67 от 9 октября 2013 года.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Park Y.W. Mare milk Handbook of Milk of Non-bovine Mammals / Y.W. Park, H. Zhang, B. Zhang et al. ; Y. W. Park and G. F. W. Haenlein ed. Blackwell Publishing, Ames, IA (2006) P. 275–286
2. Mazhitova A.T. Amino Acid and Fatty Acid Profile of the Mare's Milk Produced on Suusamyр Pastures of the Kyrgyz Republic During Lactation Period / A.T. Mazhitova A.A. Kulmyrzaev, Z.E. Ozbekova et al. // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2015. V. 195. P. 2683-2688.
3. DiCagno R. Uses of mares' milk in manufacture of fermented milks / Raffaella DiCagno, Antonia Tamborrino, Giovanna Gallo et al. // International Dairy Journal. 2004. V. 14. Issue 9. P. 767-775.
4. Kanarekina S.G. Vlijanie razlichnyh rezhimov pasterizacii na kachestvo kobylyego moloka [The influence of various pasteurization regimes on the quality of mare's milk] / S.G. Kanarekina // Zootehnika [Zootechniya]. 2010. Pp. 90-91. [in Russian]
5. Kanareikina S. G. Kobylye moloko - unikal'noe syr'yo dlja produktov zdorovogo pitaniya [Mare's milk is a unique raw material for healthy food] / S. G. Kanareikina, V. I. Kanareykin // Izvestija OGAU [news OGAU]. – 2016. – №4 (60). – P. 150-152. [in Russian]
6. Simonenko E. S. Razrabotka kislomolochnogo produkta na osnove kobylyego moloka i associacii molochnokislyh mikroorganizmov [Development of fermented milk product based on Mare's milk and the Association of lactic acid microorganisms] / E. S. Simonenko, A.V. Begunova // Voprosy pitaniya [Nutrition issues]. Volume 90, No. 5, 2021. [in Russian]
7. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo sojuza TR TS 033/2013 «O bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii» [Technical Regulations of the Customs Union TR CU 033/2013 "On the safety of milk and dairy products"]. Adopted by the Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission No. 67 of October 9, 2013. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.029>

ПОСЛЕДСТВИЯ РУБОК УХОДА В СОСНЯКАХ ЯГОДНИКОВОГО ТИПА ЛЕСА

Научная статья

Фефелова И.А.¹, Залесов С.В.^{2,*}, Сураев П.Н.³¹ ORCID: 0000-0002-8442-9971;² ORCID: 0000-0003-3779-410X;³ ORCID: 0000-0001-7842-9219;^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (Zalesovsv[at]m.usfeu.ru)

Аннотация

На основании материалов постоянной пробной площади (ППП), включающей шесть секций, проанализирована лесоводственная эффективность системы рубок ухода в насаждениях сосняка ягодникового. Исследования выполнены в Уральском учебно-опытном лесхозе Уральского государственного лесотехнического университета, территория которого входит в Южнотаяжский округ Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области (Средне-Уральский таежный лесной район).

На рабочих секциях ППП 69 лет назад были проведены прочистки интенсивностью 50-70 % по густоте и 45 лет назад проходные рубки интенсивностью 5,1-36,8 %. Установлено, что максимальным запасом в 86-летнем возрасте характеризуется контрольная секция (580 м³/га). При этом запасе на рабочих секциях варьируется от 497 до 523 м³/га. Запас сухостойных деревьев на контрольной секции достигает 61 м³/га при 13 м³/га на рабочих секциях. Кроме того, рабочие секции ППП характеризовались большими значениями среднего диаметра. Так, после проведения прочисток интенсивностью 70 % средний диаметр сосны превышает таковой на контроле в 1,5 раза. Последнее свидетельствует о повышении устойчивости против лесных пожаров и рекреационных нагрузок, а также ландшафтной привлекательности.

Ключевые слова: Средне-Уральский таежный лесной район, рубки ухода, сосняк ягодниковый, таксационные показатели, устойчивость, напряженность роста.

CONSEQUENCES OF IMPROVEMENT CUTTING IN PINE FORESTS

Research article

Fefelova I.A.¹, Zalesov S.V.^{2,*}, Suraev P.N.³¹ ORCID: 0000-0002-8442-9971;² ORCID: 0000-0003-3779-410X;³ ORCID: 0000-0001-7842-9219;^{1, 2, 3} Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

* Corresponding author (Zalesovsv[at]m.usfeu.ru)

Abstract

Based on the materials of permanent sample plots (PSPs), which includes six sections, the current study analyzes the forestry efficiency of the system of improvement cutting in a pine forest. The research was carried out in the Ural educational and experimental forestry of the Ural State Forestry University, the territory of which is part of the Southern Taiga District of the Trans-Ural undulating and foothill province of the West Siberian Plain Forest area (Middle Ural Taiga Forest District).

69 years ago, at the working sections of the PSP, an improvement cutting with an intensity of 50-70% in density was carried out, while accretion thinning occurred 45 years ago with an intensity of 5.1-36.8%. It was found that the control section (580 m³/ha) is characterized by the maximum reserve at the age of 86. At the same time, the margin on the working sections varies from 497 to 523 m³/ha. The stock of dry-hardy trees in the control section reaches 61 m³/ha with 13 m³/ha in the working sections. In addition, the working sections of the PSP were characterized by large values of the average diameter. After cuttings with an intensity of 70%, the average diameter of the pine exceeds that of the control diameter by 1.5 times. The latter indicates an increase in resistance against forest fires and recreational loads, as well as landscape attractiveness.

Keywords: Middle-Ural taiga forest area, improvement cutting, pine, survey indicators, stability, intensity of growth.

Введение

Формирование высокопроизводительных устойчивых насаждений целевого породного состава возможно только при условии проведения научно-обоснованных систематических рубок ухода [1], [2]. Именно рубки ухода позволяют регулировать состав древостоев [3], [4], улучшать товарную структуру выращиваемой древесины [5], [6], повышать объем древесины, заготавливаемой с единицы площади лесного фонда [7], [8] и устойчивость насаждений к воздействию неблагоприятных природных и антропогенных факторов [9], [10]. Не случайно история изучения лесоводственной и экономической эффективности рубок ухода насчитывает уже несколько сотен лет [11], [12]. В то же время значительное количество вопросов, касающихся эффективности рубок ухода, остается не решенными или дискуссионными. Так, некоторые авторы отмечают, что проведение рубок ухода способствует снижению запаса древостоев в возрасте спелости [2], [13]. В то же время другие [14], [15] отмечают положительную роль систематических уходов в повышении общей продуктивности насаждений.

Причина различия данных объясняется тем, что разные древесные породы по-разному реагируют на изреживание. Кроме того, последствия проведения рубок ухода во многом зависят от зонально-типологических условий, своевременности проведения первого приема ухода, системности и научно-обоснованной интенсивности изреживания [11], [12]. Особо следует отметить, что большинство работ по изучению эффективности рубок ухода охватывают короткий период. Последнее не позволяет реально проанализировать реакцию древостоев на проведение рубок ухода

за весь период лесовыращивания. В связи с вышеуказанным особую ценность приобретают данные постоянных пробных площадей (ППП), позволяющие проследить динамику таксационных показателей древостоев с момента проведения первого приема рубок ухода до возраста спелости.

Цель, методика и объекты исследований

Целью исследований являлось изучение лесоводственной эффективности системы рубок ухода в сосняках ягодникового типа леса Средне-Уральского таежного лесного района.

Объектом исследований служили сосновые насаждения ягодникового типа леса. Согласно лесорастительного районирования [16] район проведения исследований относится к южнотаежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесной области. В соответствии с действующими нормативными документами [17] указанный район относится к Средне-Уральскому таежному лесному району.

Исследования проводились на постоянной пробной площади (ППП), заложенной в 1952 г. проф. М.В. Колпиковым в целях изучения влияния рубок ухода на 17-летние чистые сосновые насаждения. В 1952 г. на указанной ППП были проведены прочистки различной интенсивности. Затем в 1976 г. на ряде рабочих секций ППП были проведены проходные рубки различной интенсивности под руководством доцента кафедры лесоводства А.Л. Клебанова.

Детальная характеристика методики закладки ППП-13, где проводились наши исследования, приведена в монографии С.В. Залесова и Н.А. Луганского [5].

На каждой из секций ППП были установлены основные таксационные показатели согласно широко известных апробированных методик [18], [19].

Дополнительно в процессе исследований производилась оценка состояния древостоев по показателю коэффициента напряженности роста. Данный показатель был предложен К.К. Высоцким [20] и используется в научной литературе как комплексный оценочный показатель (КОП).

Расчет комплексного оценочного показателя производился по следующей формуле:

$$\text{КОП} = \frac{H \times 100}{G},$$

где H - средняя высота древостоя, м; G - площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см²

Результаты и обсуждение

Постоянная пробная площадь, на которой проводились исследования, включала шесть секций. При этом на 4 секциях были проведены прочистки в 17-летнем возрасте (1952 г.), а на четырех проходные рубки в возрасте 41 год (1976 г.). Одна секция КС-1, где рубки ухода не проводились, выполняет роль контроля. Основные таксационные показатели древостоев на секциях ППП-13 до и после проведения проходных рубок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Таксационная характеристика сосновых насаждений на ППП-13

Индекс секции	Интенсивность рубки, %		Состав	Средние			Густота, шт.	Полнота		Запас, м³/га	Класс бонитета
	прочис тки	проход ные рубки		возраст, лет	высота, м	диаметр, см		абс., м²/га	отн.		
До проведения проходной рубки (1976 г.)											
КС-I	0	0	9,9С	41	13,2	7,7	8996	42,16	-	272	II
			0,1Б	41	14,0	8,0	50	0,25	-	3	
			-	-	13,2	-	9046	42,41	1,38	275	
КС-II	70	0	9,4С	41	16,1	12,3	2915	34,10	-	220	I
			0,6Б	41	16,5	11,7	140	1,50	-	13	
			-	-	16,1	-	3055	35,60	1,01	233	
РС-I	0	0	9,9С	41	13,5	8,1	8440	43,22	-	284	II
			0,1Б	41	15,2	9,8	49	0,37	-	2	
			-	-	13,5	-	8489	43,59	1,36	286	
РС-II	50	0	8,1С	41	14,0	8,8	5691	34,72	-	234	II
			1,9Б	41	16,3	12,0	500	5,65	-	54	
			-	-	14,5	-	6191	40,37	1,22	288	
РС-V	60	0	9,5С	41	15,2	10,2	3860	31,65	-	204	I
			0,5Б	41	16,0	11,5	85	0,88	-	10	
			-	-	15,2	-	3945	32,53	0,98	214	
РС-VI	70	0	7,8С	41	16,0	12,2	2100	24,57	-	180	-
			2,2Б	41	16,8	14,1	380	5,93	-	51	
			-	-	16,2	-	2480	30,50	0,89	231	

Окончание таблицы 1 – Таксационная характеристика сосновых насаждений на ППП-13

Индекс секции	Интенсивность рубки, %		Состав	Средние			Густота, шт.	Полнота		Запас, м³/га	Класс бонитета
	прочис тки	проход ные рубки		возраст, лет	высота, м	диаметр, см		абс., м²/га	отн.		
После проведения проходной рубки (1976 г.)											
РС-I	0	15,0	9,9С	41	15,0	10,1	4667	37,34	-	240	I
			0,1Б	41	14,8	9,7	39	0,29	-	3	
			-	-	15,0	-	4706	37,63	1,13	243	
РС-II	50	36,8	9,2С	41	15,3	10,5	2749	23,65	-	167	I
			0,8Б	41	16,0	12,3	200	2,38	-	15	
			-	-	-	-	2949	26,03	0,78	182	
РС-V	60	5,1	9,9С	41	15,5	10,9	3307	30,76	-	201	I
			0,1Б	41	15,8	11,7	45	0,49	-	2	
			-	-	15,5	-	3352	31,25	0,91	203	
РС-VI	70	26,0	9,1С	41	16,8	13,9	1545	23,48	-	156	I
			0,9Б	41	16,9	14,5	133	2,19	-	15	
			-	-	16,8	-	1678	25,67	0,72	171	

Материалы таблицы 1 свидетельствуют, что на момент проведения проходных рубок сосновые древостои на всех секциях характеризовались высокими показателями относительной полноты 0,89-1,38. В составе древостоев доминировала сосна. Примесь березы до рубки не превышала 22 %, а после проведения проходных рубок по запасу 9 %.

Проходные рубки варьировались по интенсивности от 5,1 до 36,8 %, что объясняет различие в показателях относительной полноты после их проведения. В то же время следует отметить, что относительная полнота древостоев после проведения проходных рубок не была снижена ниже 0,72.

Особо следует отметить существенность различий древостоев на секциях, пройденных рубками ухода и контроле по густоте. Так, если на секции КС-1 (контроль) густота древостоя в 41-летнем возрасте составляет 9046 шт/га, то на секции РС-VI после прочистки интенсивностью 70 % и проходных рубок интенсивностью 26,0 % она составляет 1678 шт/га.

Исследования, выполненные в 2021 г., т.е. спустя 45 лет после проведения проходных рубок, показали существенные изменения основных таксационных показателей (таблица 2).

Таблица 2 - Таксационные показатели сосновых древостоев спустя 45 лет после проведения проходных рубок в условиях сосняка ягодникового

Индекс секции	Интенсивность рубки, %		Состав	Средние			Густота, шт.	Полнота		Запас, м³/га	Класс бонитета
	прочис тки	проход ные рубки		возраст, лет	высота, м	диаметр, см		абс., м²/га	отн.		
КС-I	0	0	9,9С	86	21,6	17,8	1852	46,05	1,25	572	I
			0,1	86	24,0	22,0	23	0,88		0	
			-	-	21,6	-	1875	46,93		580	
КС-II	70	0	9,5С	86	23,0	27,5	773	39,81	1,10	486	I
			0,5Б	86	22,2	24,3	55	2,53		25	
			-	-	23,0	-	827	42,34		511	
РС-I	0	15,0	9,9С	86	24,8	21,3	1151	40,83	1,05	495	I
			0,1Б	86	18,2	18,0	21	0,54		6	
			-	-	24,8	-	1173	41,37		501	
РС-II	50	36,8	9,4С	86	23,7	21,2	1059	37,20	0,93	478	I
			0,6Б	86	<u>20,0</u>	18,1	119	3,04		28	
			-	-	23,5	-	1178	40,24		506	
РС-V	60	5,1	9,6С	86	24,2	21,8	1085	40,58	0,98	476	I
			0,4Б	86	22,5	20,3	68	2,18		21	
			-Е	60	<u>6,8</u>	8,0	8	0,04		-	
			-	-	24,1	-	1161	42,81		497	
РС-VI	70	26,0	9,2С	86	24,9	24,4	832	38,98	0,95	483	I
			0,8Б	86	24,1	22,8	100	4,08		40	
			-Е	60	6,9	8,0	8	0,04		-	
			-	-	-	-	940	43,10		523	

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что в 86-летнем возрасте все сосновые насаждения, произрастающие в условиях сосняка ягодникового на секциях ППП-13, характеризуются I классом бонитета и имеют запас древесины от 497 до 580 м³/га. При этом максимальным запасом стволовой древесины характеризуется контрольная секция, где рубки ухода не проводились, а минимальным - секция (РС-V), пройденная в 17 лет прочистками интенсивностью 60 % и в 41

год проходными рубками интенсивностью 5,1 %. При этом относительная полнота древостоев на момент обследования варьировалась от 0,93 до 1,25.

Заслуживает внимания тот факт, что, несмотря на проводимые уходы, на всех секциях имеют место сухостойные деревья. Однако, если на контрольной секции (КС-I) запас сухостоя составляет 61 м³/га (10,5 %), то на секции (РС-V) последний составляет лишь 13 м³/га (2,6 %). При этом на рабочих секциях нет захламления, а на КС-I таковое присутствует.

Рубки ухода оказали существенное влияние на средний диаметр древостоев. Если на контроле он составляет у деревьев сосны 17,8 см, то на участке, где проведены прочистки интенсивностью 70 % (КС-II) – 27,5 см, т.е. больше в 1,5 раза. Близкие значения среднего диаметра зафиксированы и на других рабочих секциях.

Использованный при проведении исследований метод пробных площадей обеспечивает точность установления средних таксационных показателей, в частности, диаметра на высоте 1,3 м – 95 % [21]. Следовательно, различия показателей между контрольной и рабочими секциями можно считать статистически достоверными на 95 % уровне значимости. В пользу последнего свидетельствует тот факт, что различия значений среднего диаметра между КС-I и КС-2 составляют 54,5 %.

Анализируя размер деревьев сосны и наличие сухостоя и валежа, можно констатировать, что рубки ухода при их системном проведении повышают устойчивость насаждений сосняка ягодникового против лесных пожаров. Кроме того, пройденные рубками ухода насаждения рекреационно более привлекательны, что особенно важно в лесах зеленых зон.

Исследованиями, выполненными разными учеными, установлено [22], что клетки протоплазмы, вне зависимости от вида древесной породы, погибают при температуре 50⁰С и продолжительности воздействия в течение около часа. При температуре 50⁰С для гибели тканей требуется 5 минут, 60⁰С – 30 секунд, а при температуре 65⁰С клетки отмирают мгновенно. Защитой от теплового излучения лесного пожара камбиальных клеток служит кора деревьев. Чем толще дерево, тем толще его кора, а следовательно, увеличение диаметра деревьев на секциях, пройденных рубками ухода, способствует повышению устойчивости против лесных пожаров.

Отсутствие валежника и сухостоя не только уменьшает массу напочвенных горючих материалов, но и делает насаждения более рекреационно комфортным и привлекательными. Снижение густоты повышает просматриваемость под пологом насаждений, что облегчает отдых с детьми.

Как отмечалось ранее для анализа влияния рубок на состояние древостоев был использован комплексный оценочный показатель (КОП).

Расчеты показали, что значения КОП у деревьев сосны на контрольной и рабочих секциях ППП-13 варьируются весьма существенно (табл. 3).

Таблица 3 – Значения комплексного оценочного показателя у деревьев сосны на секциях ППП-13

Индекс секции	Интенсивность рубки, %		Значения КОП		
	прочистки	проходные рубки	до проходных рубок	после проходных рубок	спустя 45 лет после проходных рубок
КС-I	0	0	7,090	7,090	2,171
КС-II	70	0	3,389	3,389	0,969
РС-I	0	15	2,668	4,687	1,741
РС-II	50	36,8	5,758	4,420	1,679
РС-V	60	5,1	4,653	4,155	1,622
РС-VI	70	26,0	3,426	2,769	1,332

По данным Г.А. Чибисова и А.С. Минина [23] кульминация напряженности роста находится в причинно-следственной связи с составом и густотой. С улучшением условий роста, т.е. со снижением напряженности роста (значение КОП понижается).

Материалы таблицы 3 свидетельствуют, что напряженность роста на контрольной секции значительно выше таковой на рабочих секциях. Проведение прочисток снижает напряженность роста на 45-летний период. Даже в 86-летнем возрасте показатель КОП деревьев сосны на контрольной секции составляет 2,171, в то время как после прочисток интенсивностью 70 %, выполненных 69 лет назад (секция КС-II), значение КОП составляет 0,969. На остальных рабочих секциях значения КОП спустя 45 лет после проведения проходных рубок имеют промежуточное значение между таковыми на КС-I и КС-II.

Выводы

1. Для чистых сосновых насаждений ягодникового типа леса, произрастающих в Средне-Уральском, таежном лесном районе оптимальной является программа рубок ухода, включающая прочистки в возрасте 15-17 лет интенсивностью до 60 % по густоте и проходные рубки в возрасте 41-45 лет интенсивностью 25-30 % по запасу.

2. Проведение указанной системы рубок позволяет минимизировать напряженность роста деревьев сосны и отпад деревьев, что приводит к увеличению среднего диаметра древостоя, устойчивости его против термического воздействия лесных пожаров, а также рекреационной устойчивости и привлекательности.

3. При наличии сбыта тонкомерной древесины проведение вышеуказанной системы рубок позволяет увеличить общую продуктивность лесов в 1,5 раза. Лучшим вариантом при этом является проведение прочисток в 15-17 лет интенсивностью 40-50 % по густоте и проходных рубок интенсивностью 30-35 % по запасу.

4. Система проведения рубок ухода обеспечивает целевое выращивание древостоев и в конечном счете определяет возраст технической спелости и возраст рубки спелых и перестойных насаждений в эксплуатационных лесах.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / Reference

1. Сеннов С.Н. Уход за лесом: Экологические основы / С.Н. Сеннов. - М.: Лесная промышленность, 1984. 128 с.
2. Эбель А.В. Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них / А.В. Эбель, Е.И. Эбель, С.В. Залесов и др. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 221 с.
3. Залесов С.В. Рубки ухода в производных мягколиственных молодняках как способ формирования сосняков на Южном Урале / С.В. Залесов, Н.А. Луганский, В.А. Бережнов и др. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета, 2013. № 4. С. 118-120.
4. Залесов С.В. Формирование кедровников рубками ухода на бывших сельскохозяйственных угодьях / С.В. Залесов, Л.А. Белов, А.С. Оплетаев и др. // Известия вузов Лесной журнал. 2021. № 1. С. 9-19. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-9-19.
5. Бобруйко Б.И. Экономическая и хозяйственная эффективность рубок ухода в лесах различного целевого назначения / Б.И. Бобруйко, В.И. Тупикин // Лесохозяйственная информация, 2003. № 1. С. 13-17.
6. Zalesov S. Silvicultural Efficiency of the Thinning Efficiency of *Pinus sylvestris* L. Plntation in the Dry Subzone of Northern Kazakhstan Steppes / S.V. Zalesov, A.V. Dancheva, S. Ayan et al. // Kastamani University Journal of Forestry Faculty, 20 (3). P. 220-228; <https://dergipark.org.tr/en/pub/Kastorman/issue58942>.
7. Zalesov S. Using the wood from improvement felling for assembling small wooden structures / S. Zalesov, R. Damary, Y. Vetoshkin et al. // Increasing the use of wood in the Global bio-economy: // th International Scientific Conference Wood EМА, 2018. P. 369-373.
8. Воропаев П.В. О повышении продуктивности лесов рубками ухода / П.В. Воропанов. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1960. 153 с.
9. Данчева А.В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 56-61.
10. Данчева А.В. Влияние рубок ухода различной интенсивности на состояние естественных сосняков / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки, 2016. № 18 (239). Вып. 36. С. 32-38.
11. Сеннов С.Н. Рубки ухода за лесом в современных условиях / С.Н. Сеннов. Л.: ЛТА, 1987. 52 с.
12. Залесов С.В. Лесоводство / С.В. Залесов. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
13. Ebel A.V. The Effects of Different Intensity of Thinning on the Development in Scots Pine (*Pinus sylestris* L.) Stands in Kazakh Uplands / A.V. Ebel, Y.I. Ebel, S.V. Zalesov et al. // Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 2019. 34 (2): 182-187. DOI: 10.28955/alinterizbd. 639014.
14. Сеннов С.Н. Рубки ухода за лесом / С.Н. Сеннов. - М.: Лесная промышленность, 1977. 160 с.
15. Данчева А.В. Оценка эффективности рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника на основе лесоводственного и древесно-кольцевого анализа / А.В. Данчева, М.А. Гурская, С.В. Залесов и др. // Лесоведение, 2020. № 6. С. 503-514.
16. Колесников Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1973. 177 с.
17. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации: Утв. Приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367.
18. ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М.: Экология, 1992. 17 с.
19. Бунькова Н.П. Основы фитомониторинга / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.С. Залесова и др. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
20. Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К. Высоцкий. - М.: Гослесбумиздат, 1962. 177 с.
21. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. М.: Лесная промышленность, 1984. 552 с.
22. Шешуков М.А. Влияние некоторых факторов на повреждаемость деревьев пожарами / М.А. Шешуков, В.И. Соловьев, И.Б. Нейкруг // Горение и пожары в лесу. Красноярск: СО АН СССР, 1978. С. 176-177.
23. Чибисов Г.А. Рост сосняков под влиянием рубок ухода в 40-летних древостоях / Г.А. Чибисов, Н.С. Манин // Лесной журнал. 2004. № 3. С. 10-14.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sennov S.N. Uhod za lesom: Ekologicheskie osnovy [Forest Care: Ecological Basics] / S.N. Sennov. - M.: Lesnaya promyshlennost', 1984. 128 p. [in Russian]
2. Ebel' A.V. Vliyanie polnoty i gustomoty na rost sosnovykh drevo-stoev Kazahskogo melkosopochnika i effektivnost' rubok uhoda v nih [Influence of fullness and density on the growth of pine forest stands of the Kazakh small-tailed bog and the efficiency of thinning in them] / A.V. Ebel', E.I. Ebel', S.V. Zalesov et al. - Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2015. 221 p. [in Russian]
3. Zalesov S.V. Rubki uhoda v proizvodnykh myagkolistvennykh mo-lodnyakah kak sposob formirovaniya sosnyakov na YUzhnom Urale [Thinning in soft-leaved young forests as a way to form pine forests in the South Urals] / S.V. Za-lesov, N.A. Luganskij, V.A. Berezhnov et al. // Vestnik Bashkir-skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2013. № 4. P. 118-120. [in Russian]
4. Zalesov S.V. Formirovanie kedrovnikov rubkami uhoda na byv-shih sel'skohozyajstvennykh ugod'yah [Formation of cedar forests by thinning on former agricultural lands] / S.V. Zalesov, L.A. Belov, A.S. Ople-taev et al. // Izvestiya vuzov Lesnoj zhurnal. 2021. № 1. P. 9-19. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-9-19. [in Russian]

5. Bobrujko B.I. Ekonomicheskaya i hozyajstvennaya effektivnost' ru-bok uhoda v lesah razlichnogo celevogo naznacheniya [Economic and economic efficiency of thinning in forests for various purposes] / B.I. Bobrujko, V.I. Tupikin // Lesohozyajstvennaya informaciya, 2003. № 1. P. 13-17. [in Russian]
6. Zalesov S. Silvicultural Efficiency of the Thinning Efficiency of *Pinus sylvestris* L. Plfntation in the Dry Subzone of Northern Kazakhstan Steppes / S.V. Zalesov, A.V. Dancheva, S. Ayan et al. // Kastamani University Journal of Forestry Faculty, 20 (3). P. 220-228: <https://dergipark.org.tr/en/pub/Kastorman/issue/58942>.
7. Zalesov S. Using the wood from improvement felling for assembling small wooden structures / S. Zalesov, R. Damary, Y. Vetoshkin et al. // Increasing the use of wood in the Global bio-economy: // th International Scientific Conference Wood EMA, 2018. P. 369-373.
8. Voropaev P.V. O povyshenii produktivnosti lesov rubkami uho-da [On increasing the productivity of forests by thinning] / P.V. Voropanov. M.-L.: Goslesbumizdat, 1960. 153 p. [in Russian]
9. Dancheva A.V. Vliyanie rubok uhoda na biologicheskuyu i pozharnuyu ustojchivost' sosnovykh drevostoev [Influence of thinnings on the biological and fire resistance of pine stands] / A.V. Dancheva, S.V. Zalesov // Agrar-nyj vestnik Urala. 2016. № 3 (145). P. 56-61. [in Russian]
10. Dancheva A.V. Vliyanie rubok uhoda razlichnoj intensivnosti na sostoyanie estestvennykh sosnyakov [Influence of thinnings of different intensity on the state of natural pine forests] / A.V. Dancheva, S.V. Zalesov // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Este-stvennye nauki, 2016. № 18 (239). Issue. 36. P. 32-38.
11. Sennov S.N. rubki uhoda za lesom v sovremennykh usloviyah [Felling forest care in modern conditions] / S.N. Sennov. L.: LTA, 1987. 52 p. [in Russian]
12. Zalesov S.V. Lesovodstvo [Forestry] / S.V. Zalesov. - Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2020. 295 p. [in Russian]
13. Ebel A.V. The Effects of Different Intensity of Thinning on the Development in Scots Pine (*Pinus sylestris* L.) Stands in Kazakh Uplands / A.V. Ebel, Y.I. Ebel, S.V. Zalesov et al. // Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 2019. 34 (2): 182-187. DOI: 10.28955/alinterizbd. 639014.
14. Sennov S.N. Rubki uhoda za lesom [Forest care felling] / S.N. Sennov. - M.: Lesnaya promyshlennost', 1977. 160 p. [in Russian]
15. Dancheva A.V. Ocenka effektivnosti rubok uhoda v sosnyakah Ka-zahskogo melkosopochnika na osnove lesovodstvennogo i drevesno-kol'cevogo analiza [Evaluation of the efficiency of thinnings in the pine forests of the Kazakh upland on the basis of silvicultural and tree-ring analysis] / A.V. Dancheva, M.A. Gurskaya, S.V. Zalesov, B.M. Mu-kanov // Lesovedenie, 2020. № 6. P. 503-514. [in Russian]
16. Kolesnikov B.P. Lesorastitel'nye usloviya i tipy lesov Sverd-lovskoj oblasti. Prakticheskoe rukovodstvo [Forest conditions and types of forests in the Sverdlovsk region. Practical guide] / B.P. Kolesnikov, R.S. Zuba-reva, E.P. Smolonogov. Sverdlovsk: UNC AN SSSR. 1973. 177 p. [in Russian]
17. Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nykh zon Rossijskoj Fe-deracii i Perechnya lesnykh rajonov Rossijskoj Federacii: Utv. Prikazom Minprirody Rossii ot 18.08.2014 g. № 367. On the approval of the List of forest-growing zones of the Russian Federation and the List of forest regions of the Russian Federation: Approved. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated August 18, 2014 No. 367]. [in Russian]
18. OST 56-69-83 Ploshchadi probnye lesoustroitel'nye. Metod za-kladki. [OST 56-69-83 Trial forest management areas. Bookmark method]. M.: Ecology, 1992. 17 p. [in Russian]
19. Bun'kova N.P. Osnovy fitomonitoringa [Fundamentals of phytomonitoring] / N.P. Bun'kova, S.V. Zalesov, E.S. Zalesova et al. - Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2020. 90 p. [in Russian]
20. Vysockij K.K. Zakonomernosti stroeniya smeshannykh drevostoev [Patterns of the structure of mixed forest stands] / K.K. Vysockij. - M.: Goslesbumizdat, 1962. 177 p. [in Russian]
21. Anuchin N.P. Lesnaya taksaciya [Forest inventory] / N.P. Anuchin. M.: Lesnaya pro-myshlennost', 1984. 552 p. [in Russian]
22. SHeshukov M.A. Vliyanie nekotorykh faktorov na povrezhdaemost' derev'ev pozharami [Influence of some factors on damage to trees by fires] / M.A. SHeshukov, V.I. Solov'ev, I.B. Nejkrug // Gore-nie i pozhary v lesu. Krasnoyarsk: SO AN SSSR, 1978. P. 176-177. [in Russian]
23. CHibisov G.A. Rost sosnyakov pod vliyaniem rubok uhoda v 40-letnih drevostoyah [Growth of pine forests under the influence of thinning in 40-year-old stands] / G.A. CHibisov, N.S. Manin // Lesnoj zhurnal. 2004. № 3. P. 10-14. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.030>**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПОРОД СВИНЕЙ
УНИВЕРСАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ**

Научная статья

Чалова Н.А.^{1,*}, Плешков В.А.²¹ ORCID: 0000-0002-1825-0097;^{1,2} Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия

* Корреспондирующий автор (natchal[at]mail.ru)

Аннотация

Приведены результаты сравнительного изучения гематологических профилей двух пород универсального направления продуктивности: одной из самых распространённых коммерческих пород (ландрас) и новой, утвержденной в 2016 году (чистогорская порода). Гематологические профили свиней изучаемых пород соответствуют видовой принадлежности. Гематологические показатели крови животных находятся в пределах физиологической нормы, а незначительные сдвиги по некоторым показателям к верхней или нижней границам нормы являются породной особенностью, характерной для особенностей продуктивности каждой из изучаемых пород свиней. Свиньи чистогорской породы имеют достоверно более высокий уровень гемоглобина в крови (разница с породой ландрас составила +24,5 % при $p < 0,05$).

Ключевые слова: свиньи, чистогорская порода, ландрас, гематология, породные особенности.

HEMATOLOGICAL PROFILE OF PIG BREEDS OF UNIVERSAL PRODUCTIVITY

Research article

Chalova N.A.^{1,*}, Pleshkov V.A.²¹ ORCID: 0000-0002-1825-0097;^{1,2} Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia

* Corresponding author (natchal[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a comparative study of the hematological profiles of two breeds of the universal direction of productivity: one of the most common commercial breeds (landrace) and a new one approved in 2016 (Chistogorskaya breed). Hematological profiles of pigs of the breeds under study correspond to their species identification. Hematological parameters of animal blood are within the physiological standard, and minor shifts in some indicators to the upper or lower limits of the standard are a breed feature characteristic of the productivity characteristics of each of the pig breeds under study. Pigs of the Chistogorskaya breed have a significantly higher level of hemoglobin in the blood (the difference with the Landrace breed was +24.5 % at $p < 0.05$).

Keywords: pigs, chistogorskaya breed, landrace, hematology, breed features.

Введение

Современное промышленное свиноводство основано на использовании интенсивных технологий. Однако свиноводство развивается не только за счёт внедрения современных эффективных методов промышленного производства, но и увеличения численности поголовья, улучшения продуктивного действия кормов и внедрения высокопродуктивных специализированных селекционных достижений [2], [4], [6], [14].

В настоящее время свиней содержат в условиях свиноводческих комплексов различной мощности и различных технологий. С целью дальнейшего повышения эффективности работы отрасли необходимо повысить результативность племенной работы, направленной на повышение продуктивности, улучшение наследственных качеств свиней и рациональное использование племенных животных, в том числе и с использованием оценки по морфо-биохимическому составу крови свиней.

Одним из самых широко используемых в системах скрещивания и гибридизации генотипов является порода ландрас. Данная порода считается эталоном свиней беконного направления продуктивности. В настоящее время порода относится к группе универсальных и используется, в основном, либо в качестве материнской формы, либо в роли первой отцовской в системах гибридизации.

В 2016 году была утверждена чистогорская порода свиней, отличающаяся улучшенными параметрами откормочной и мясной продуктивности. Авторами рекомендовано использовать животных этой породы в качестве материнской формы при скрещивании и гибридизации с целью получения откормочного поголовья для производства свинины в условиях технологии промышленных комплексов [6], [7].

Основной биологической средой организма животных является кровь, химический состав которой отражает строение различных частей клетки, химического строения генетического материала и возникающие в нем изменения. В тоже время кровь отражает и характер воздействия факторов внешней среды на организм животных, включая условия содержания и кормления, действие различных техногенных и других факторов, в том числе антропогенного происхождения [2], [11], [12], [17].

Изучение интерьерных показателей позволяет лучше познать биологические особенности свиней и использовать их в селекции. Многочисленными исследовательскими работами установлено, что морфологический и биохимический состав крови находится в тесной связи с породой животных, их конституциональной прочностью, продуктивностью и состоянием самочувствия, потому что характеризует и отображает напряженность метаболических процессов, происходящих в организме.

Цель нашего исследования – провести сравнительное изучение гематологических профилей животных двух пород свиней универсального направления продуктивности.

Методы и принципы исследования

В качестве объекта исследований были использованы свиньи пород чистогорской и ландрас. Было отобрано 100 животных чистогорской породы и 85 породы ландрас.

Лабораторные исследования выполнены с применением современных методов анализа, позволяющих получать достоверные данные. Гематологические исследования проводили на базе научно-исследовательской лаборатории «Биохимических, молекулярно-генетических исследований и селекции сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА. В ходе исследований был использован ветеринарный гематологический анализатор VetScan HM5 Abaxis и готовые наборы реактивов для определения показателей крови.

Материалом исследования служила стабилизированная цельная кровь и сыворотка крови свиноматок. От каждого животного было взято по 2 пробирки крови для общего клинического анализа. При взятии крови и определении гематологических показателей руководствовались стандартными методиками исследования крови.

Полученные данные были обработаны общепринятыми биометрическими методами.

Основные результаты

Средние показатели крови изучаемых пород свиней (чистогорская и ландрас) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты гематологических исследований крови

Показатель	Порода		Норма
	чистогорская	ландрас	
Эритроциты, $\times 10^{12}$ /л	6,54 \pm 0,98	6,12 \pm 0,73	6,0-7,5
Лейкоциты, $\times 10^9$ /л	12,33 \pm 2,17	15,42 \pm 1,87	8,0-16,0
Гемоглобин, г/л	130,27 \pm 10,06*	98,35 \pm 8,06	90-120
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,9 \pm 1,04	17,3 \pm 0,95	16-19
Средний объем эритроцита, мкм ³	63,73 \pm 3,25	61,34 \pm 3,47	60-64
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч	3,37 \pm 0,63	4,25 \pm 0,58	2-9
Тромбоциты, тыс/мкл	374,32 \pm 66,58	415,27 \pm 57,63	200-500
Гематокрит, %	47,5 \pm 4,47	42,1 \pm 2,15	40-50

Примечание: разница достоверна при * – $p < 0,05$

Генотип организма животных, в первую очередь, отражается на величине показателей, характеризующих морфологические и функциональные особенности эритроцитов и, как следствие, газотранспортной функции крови. Красные клетки крови являются частью функциональной системы, обеспечивающей транспорт кислорода от легких к тканям и, наоборот, – углекислого газа [1], [8], [16], [18]. В наших исследованиях мы уделили внимание периферическому отделу эритрона, то есть эритроцитам, циркулирующим в периферической крови.

При сравнении параметров красной крови с нормативными данными, было установлено, что в целом они соответствуют нормальному физиологическому состоянию животных, а имеющиеся незначительные отклонения, вероятно, являются особенностями содержания животных в данных технологических условиях.

Результаты наших исследований показали, что количество эритроцитов, содержащихся в крови свиноматок породы ландрас, составило - 6,12 \pm 0,73 10^{12} /л, а у животных чистогорской породы данный показатель был несколько выше - 6,54 \pm 0,98 10^{12} /л. При этом коэффициент вариации в разных породных группах был достаточно низким - 9,8-13,2 %, характеризую незначительность различий по данному признаку у особей изучаемых совокупностей.

Если исходить из того, что пул красных клеток в кровеносном русле поддерживается за счёт оптимального соотношения между процессами образования и разрушения эритроцитов, то полученная нами средняя величина эритроцитов в крови свиноматок свидетельствовала о наличии небольших индивидуальных различий в функциональной активности центрального и периферического отделов эритрона [1], [8]. Данный вывод согласовывается с величиной гематокрита, полученной в наших исследованиях. Гематокритное число в группе свиней породы ландрас находилось в пределах нормы и в среднем составило 42,1 \pm 2,15 %. У животных чистогорской породы показатель гематокрита находился выше среднего значения предела нормы и составил 47,5 \pm 4,47 %, что может указывать о лучшей степени кислородного обеспечения органов и тканей свиней, относящихся к чистогорской породе.

В границах пределов общепризнанных физиологических норм в зависимости от направленности продуктивности животного наращивание в крови числа эритроцитов и высокая насыщенность их гемоглобином является позитивным моментом [5], [8], [10], [15], [19].

Количество эритроцитов в крови животных чистогорской породы отражалось на их объеме и ширине распределения по объему. Красные клетки крови свиней чистогорской породы имели практически максимальный объем (63,73 \pm 3,25 мкм³), а среднее содержание гемоглобина в эритроците составило – 18,9 \pm 1,04 пг.

Среднее содержание гемоглобина в крови исследуемого поголовья породы ландрас составило 98,35 \pm 8,06 г/л, у чистогорской породы соответственно 130,27 \pm 10,06 г/л, что достоверно выше на 31,92 г/л (или 24,5 %) ($p < 0,05$) (значение t-критерия Стьюдента равно 2,48, различия статистически значимы ($p = 0,014191$), число степеней свободы $f = 183$, критическое значение t-критерия Стьюдента = 1,973, при уровне значимости $\alpha = 0,05$) и значительно превосходит верхнюю границу нормы.

Кислородтранспортные возможности эритроцитов определяются не столько их количеством, сколько способностью к обратимым деформациям. Диаметр капилляров микроциркуляторного русла в несколько раз меньше диаметра эритроцита – поэтому склонность клеток к деформации определяет их способность проникать в капиллярную сеть. Высокое количество красных клеток в крови исследуемых животных чистогорской породы было результатом уменьшения их способности циркулировать в микрососудах, что, соответственно, отражалось на степени оксигенации периферических тканей. Низкие средние значения величин MCV (объем эритроцита) и MCH (содержание гемоглобина в эритроците) у части исследуемых животных инициировали прирост количества эритроцитов и их объемной доли в крови, а также насыщенность гемоглобином, отражая попытку организма компенсировать недостаточность транспорта кислорода для клеток и процесс адаптации животных к технологической среде обитания.

Уровень концентрации в крови животных гемоглобина и эритроцитов сигнализирует об интенсивности обмена веществ в их организмах. У свиней при дыхании хорошо усваивается кислород, оптимально снабжая ткани организма и обеспечивая нормальное течение энергетических процессов в нем. Высокий уровень содержания выше названных компонентов в крови свиней чистогорской породы указывает на повышенную интенсивность метаболических процессов и высокий потенциал интенсивности роста.

Тромбоциты – это клетки, которые участвуют в образовании плотного сгустка (тромба) в местах повреждения кровеносных сосудов, способствуя остановке кровотечения. Кроме этого, данные клетки питают эпителий, участвуют в процессах регенерации сосудистых стенок и поддержании крови в жидком состоянии. Следовательно, изучаемый показатель свиней оказывает влияние на защитные свойства эпителия кровеносных сосудов [1], [13].

Количество тромбоцитов в крови изучаемых свиней чистогорской породы находилось в пределах нормы – $374,32 \pm 66,58$ тыс/мкл. Хотя их уровень в кровотоке соответствовал границам нормы, хотелось бы отметить довольно большой разброс между максимальным и минимальным значениями. В группе животных породы ландрас количество тромбоцитов также установлено в пределах нормы $415,27 \pm 57,63$ тыс/мкл, но превосходило значения чистогорской породы на 10,94 % ($p > 0,05$).

Показатели общего количества лейкоцитов в крови свиней находились в пределах физиологической нормы: у животных породы ландрас составили $15,42 \pm 1,87 \cdot 10^9/\text{л}$, а свиней чистогорской породы $12,33 \pm 2,17 \cdot 10^9/\text{л}$.

Анализ параметров лейкограммы (табл. 2) пород свиней чистогорская и ландрас не позволил выявить достоверных различий между животными разных групп по видовому составу лейкоцитарных клеток в кровотоке. Следовательно, породная принадлежность животных не оказала влияния на общий уровень реактивности организма и его способность защищаться при действии чуждых ему агентов, то есть чистопородные племенные животные в условиях свиного комплекса обладали однотипным уровнем защитных сил и склонности к фагоцитозу микроорганизмов, продуктов их распада и других инородных частиц.

Таблица 2 – Лейкограмма

Показатель	Порода		Норма
	чистогорская	ландрас	
Лимфоциты, %	$52,14 \pm 4,89$	$47,25 \pm 3,88$	40-50
Моноциты, %	$7,13 \pm 0,93$	$5,35 \pm 0,72$	2-6
Нейтрофилы палочкоядерные, %	$3,35 \pm 0,97$	$4,12 \pm 0,63$	2-4
Нейтрофилы сегментоядерные, %	$37,38 \pm 2,64$	$43,28 \pm 2,64$	40-48

Хотелось бы отметить, что уровень отдельных лейкоцитарных клеток в крови свиней пород чистогорская и ландрас либо превышал верхние границы нормы, либо был максимально к ним близок. Однако мы склонны считать, что это не связано с наличием воспалительных процессов в организме животных, так как значение СОЭ пород свиней чистогорской ($3,37 \pm 0,63$ мм/ч) и ландрас ($4,25 \pm 0,58$ мм/ч) не превышало пределы колебаний величины у клинически здоровых животных.

Заключение

На основании вышесказанного, можно сделать заключение, что гематологические профили свиней пород чистогорская и ландрас соответствуют видовой принадлежности. Изучаемые гематологические показатели крови свиней находятся в пределах физиологической нормы, а незначительные сдвиги по некоторым показателям к верхней или нижней границам нормы являются породной особенностью, характерной для направления продуктивности каждой из изучаемых пород свиней. Свиньи чистогорской породы имеют достоверно более высокий уровень гемоглобина в крови (разница с породой ландрас составила +24,5 % при $p < 0,05$).

Финансирование

Исследования выполнены при поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (договор № 3654ГC1/60555 от 11.08.2020).

Funding

The research was carried out with the support of the Federal State Budgetary Institution "Fund for Assistance to the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere" (contract No. 3654GS1/60555 dated 08/11/2020).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Александров Н. П. Изменения в системе красной крови человека (эритроны) при адаптации к новым условиям / Н. П. Александров // Земский врач. – 2010. – № 1. – С. 23-27.
2. Бекенев В. А. Селекционно-генетические особенности помесных свиней, полученных от скрещивания крупной белой и йоркширской пород / В. А. Бекенев, В. С. Деева, В. И. Фролова и др. // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (41). – С. 112-117.
3. Голушко В. М. Использование низкопротеиновых рационов при выращивании и откорме свиней / В. М. Голушко, В. А. Рошин, С. А. Линкевич, и др. // Вестник национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2016. – № 4. – С. 100-107.
4. Гришкова А. П. Селекционно-генетические основы промышленной технологии производства свинины / А. П. Гришкова, А. А. Аришин, Н. А. Чалова и др. - Кемерово, 2015. – 195 с.
5. Гришкова А. П. Характеристика продуктивности кемеровского заводского типа мясных свиней (КМ-1) / А. П. Гришкова // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана: материалы 10 – ой Междунар. конф. по науч. обеспечению азиатских территорий (3 – 6 июля 2007 г., Улан-Батор.) / РАСХН. Сиб. отделение. – Новосибирск, 2007. – С. 32-38.
6. Гришкова А. П. Характеристика продуктивности свиней чистогорской породы / А. П. Гришкова, А. А. Аришин, Н. А. Чалова и др. // Свиноводство. – 2017. – № 3. – С. 7-10.
7. Гришкова А. П. Чистогорская порода / А. П. Гришкова, А. А. Аришин, Н. А. Чалова и др. - Кемерово, 2018. – 111 с.
8. Гудилин И. И. Интерьер и продуктивность свиней / И. И. Гудилин, В. Л. Петухов, Т. А. Дементьева / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2000. – 251 с.
9. Гудилин И. И. Кемеровская порода свиней / И. И. Гудилин, В. Н. Дементьев, Е. А. Тараканов. – Новосибирск, 2003. – 396 с.
10. Дементьева Т. А. Межпородные отличия по ферментативной активности крови у свиней / Т. А. Дементьева // Труды Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Т. 18. - Вып. 1: Зоотехния. – Новосибирск, 2003. – С. 102-105.
11. Дементьева Т. А. Характеристика продуктивности свиней по биохимическим и цитохимическим тестам при чистопородном разведении и скрещивании: автореф. дис. д-ра биол. наук / Т. А. Дементьева. – Новосибирск, 1998. – 40 с.
12. Евдокимов Н. В. Взаимосвязь между биологическими особенностями и признаками продуктивности свиней / Н. В. Евдокимов, Н. В. Евдокимов, Н. С. Петров и др. // Уральский научный вестник. – 2016. – Т. 6. – № 1. – С. 55-60.
13. Рудишин О. Ю. Взаимосвязь уровня гемоглобина с некоторыми гематологическими показателями и мясными качествами свиней / О. Ю. Рудишин, С. В. Бурцева // Перспективное свиноводство: Теория и практика. – 2011. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-urovnya-gemoglobina-s-nekot>. (дата обращения: 12.01.2022)
14. Сундеев П. В. Интенсивность роста, откормочные и мясные качества подсвинков разных генотипов / П. В. Сундеев // Вестник КрасГАУ. - 2015. - № 5. – С. 167-170.
15. Тихонов В. Н. Иммуногенетика и биохимический полиморфизм домашних и диких свиней / В. Н. Тихонов. – Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1991. – 304 с.
16. Cao A. Z. Effects of porcine bile acids on growth performance, antioxidant capacity, blood metabolites and nutrient digestibility of weaned pigs / A. Z. Cao, W. Q. Lai, W. W. Zhang et al. // Animal Feed Science and Technology – 2021. - Volume 276. - P. 114931. ISSN 0377-8401. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.114931.
17. Lee J. Insight on the treatment of pig blood as biomass derived electrocatalyst precursor for high performance in the oxygen reduction reaction / J. Lee, Y. Sohn, S.K., J. Min et al. // Applied Surface Science. – 2021. - Volume 545. - P. 148940. ISSN 0169-4332, DOI: 10.1016/j.apsusc.2021.148940.
18. Moreno I. Effect of the Iberian pig rearing system on blood plasma antioxidant status and oxidative stress biomarkers / I. Moreno, L. Ladero, R. Cava // Livestock Science, Volume 235, 2020, 104006, ISSN 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104006.
19. Strauch J. T. Anatomy of Spinal Cord Blood Supply in the Pig / J. T. Strauch, A. Lauten, N. Zhang et al. // The Annals of Thoracic Surgery. – 2007. - Volume 83. - Issue 6. – P. 2130-2134. ISSN 0003-4975. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2007.01.060.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aleksandrov N. P. Izmeneniya v sisteme krasnoj krovi cheloveka (eritrone) pri adaptacii k novym usloviyam [Changes in the human red blood system (erythrone) during adaptation to new conditions] / N. P. Aleksandrov // Zemskij vrach [Zemsky doctor]. – 2010. – № 1. – P. 23-27. [in Russian]
2. Bekenev V. A. Selekcionno-geneticheskie osobennosti pomesnyh svinej, poluchennyh ot skreshchivaniya krupnoj belo i jorkshirskoj porod [Selection and genetic characteristics of hybrid pigs obtained from crossing large white and Yorkshire breeds] / V. A. Bekenev, V. S. Deeva, V. I. Frolova and others. // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Novosibirsk State Agrarian University Bulletin]. – 2016. – № 4 (41). – P. 112-117. [in Russian]
3. Golushko V. M. Ispol'zovanie nizko proteinovyh racionov pri vyrashchivanii i otkorme svinej [Using low protein diets in raising and feeding pigs] / V. M. Golushko, V. A. Roshchin, S. A. Linkevich, and others // Vestnik nacional'noj akademii nauk Belarus-sii. Seriya agrarnyh nauk [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Science Series]. – 2016. – № 4. – P. 100-107. [in Russian]
4. Grishkova A. P. Selekcionno-geneticheskie osnovy promysh-lennoj tekhnologii proizvodstva svininy [Selection and genetic foundations of industrial technology for the production of pork] / A. P. Grishkova, A. A. Arishin, N. A. Chalova and others. - Kemerovo, 2015. – 195 p. [in Russian]
5. Grishkova A. P. Harakteristika produktivnosti kemerovskogo zavodskogo tipa myasnyh svinej (KM-1) [Characteristics of the productivity of the Kemerovo factory type of meat pigs (KM-1)] / A. P. Grishkova // Nauchnoe obespechenie APK Sibiri, Mongolii i Kazahstana: materialy 10 – oj Mezhdunar. konf. po nauch. obespecheniyu aziat. territorij (3 – 6 iyulya 2007 g., Ulan-Bator.) / RASKHN. Sib. Otdelenie [Scientific support of the agroindustrial complex of Siberia, Mongolia and Kazakhstan:

materials of the 10th International conference. by scientific. providing Asian. territories (July 3 - 6, 2007, Ulan Bator) / RAAS. Sib. branch. - Novosibirsk] – Novosibirsk, 2007. – P. 32-38. [in Russian]

6. Grishkova A. P. Harakteristika produktivnosti svinej chisto-gorskoj porody [Characteristics of the productivity of pigs of the pure mountain breed] / A. P. Grishkova, A. A. Arishin, N. A. Chalova and others // Svinovodstvo. - 2017. - № 3. - P. 7-10. [in Russian]

7. Grishkova A. P. Chistogorskaya poroda [Chistogorsk breed] / A. P. Grishkova, A. A. Arishin, N. A. Chalova and others. - Kemerovo, 2018. – P. 111. [in Russian]

8. Gudilin I. I. Inter'er i produktivnost' svinej [Pig interior and productivity] / I. I. Gudilin, V. L. Petuhov, T. A. Dement'eva / Novosib. gos. agrar. un-t. – Novosibirsk, 2000. – 251 p. [in Russian]

9. Gudilin I. I. Kemerovskaya poroda svinej [Kemerovo breed of pigs] / I. I. Gudilin, V. N. Dement'ev, E. A. Tarakanov. – Novosibirsk, 2003. - 396 p. [in Russian]

10. Dement'eva T. A. Mezhpородные отличия по ферментативной активности крови у свиней [Interbreed differences in the enzymatic activity of blood in pigs] / T. A. Dement'eva // Trudy Novosib. gos. agrar. un-ta. [Proceedings of Novosib. State Agrar. University]. - Vol. 18. - Issue. 1: Animal Science – Novosibirsk, 2003. – P. 102-105. [in Russian]

11. Dement'eva T. A. Harakteristika produktivnosti svinej po biohimicheskim i citohimicheskim testam pri chistopородном razvedenii i skreshchivanii [Characteristics of pig productivity by biochemical and cytochemical tests in purebred breeding and crossing]: Avtoref. dis. PhD in Biology / T. A. Dement'eva. – Novosibirsk, 1998. – 40 p. [in Russian]

12. Evdokimov N. V. Vzaimosvyaz' mezhdru biologicheskimi osoben-nostyami i priznakami produktivnosti svinej [The relationship between biological characteristics and performance traits of pigs] / N. V. Evdokimov, N. V. Evdokimov, N. S. Petrov and others // Ural'skij nauchnyj vestnik [Ural Scientific Bulletin]. – 2016. – Vol. 6. – № 1. – P. 55-60. [in Russian]

13. Rudishin O. YU. Vzaimosvyaz' urovnya gemoglobina s nekotory-mi gematologicheskimi pokazatelyami i myasnymi kachestvami svinej [Interrelation of hemoglobin level with some hematological parameters and meat qualities of pigs] / O. YU. Rudishin, S. V. Burceva // Perspektivnoe svinovodstvo: Teoriya i praktika. [Pig Farming: Theory and Practice]/ – 2011. – [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-urovnya-gemoglobina-s-nekot>. (accessed: 12.01.2022) [in Russian]

14. Sundeev P. V. Intensivnost' rosta, otkormochnye i myasnye ka-chestva podsvinkov raznyh genotipov [Growth intensity, fattening and meat qualities of gilts of different genotypes] / P. V. Sundeev // Vestnik KrasGAU [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University]. - 2015. - № 5. – P. 167-170. [in Russian]

15. Tihonov V. N. Immunogenetika i biohimicheskij polimorfizm domashnih i dikih svinej [Immunogenetics and biochemical polymorphism of domestic and wild pigs] / V. N. Tihonov. – Novosibirsk: Nauka Sib. Otd-nie [Novosibirsk: Science Sib. separation], 1991. – 304 p. [in Russian]

16. Cao A. Z. Effects of porcine bile acids on growth performance, antioxidant capacity, blood metabolites and nutrient digestibility of weaned pigs / A. Z. Cao, W. Q. Lai, W. W. Zhang et al. // Animal Feed Science and Technology – 2021. - Volume 276. - P. 114931. ISSN 0377-8401. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.114931.

17. Lee J. Insight on the treatment of pig blood as biomass derived electrocatalyst precursor for high performance in the oxygen reduction reaction / J. Lee, Y. Sohn, S.K., J. Min et al. // Applied Surface Science. – 2021. - Volume 545. - P. 148940. ISSN 0169-4332, DOI: 10.1016/j.apsusc.2021.148940.

18. Moreno I. Effect of the Iberian pig rearing system on blood plasma antioxidant status and oxidative stress biomarkers / I. Moreno, L. Ladero, R. Cava // Livestock Science, Volume 235, 2020, 104006, ISSN 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104006.

19. Strauch J. T. Anatomy of Spinal Cord Blood Supply in the Pig / J. T. Strauch, A. Lauten, N. Zhang et al. // The Annals of Thoracic Surgery. – 2007. - Volume 83. - Issue 6. – P. 2130-2134. ISSN 0003-4975. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2007.01.060.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.031>**ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН СВЕКЛЫ НА ОЦЕНКУ КАЧЕСТВА ПРЯНИКОВ**

Научная статья

Шабанова И.А.^{1,*}, Тохтисева Л.Х.², Цугкиева В.Б.³, Доев Д.Н.⁴, Датиева Б.А.⁵¹ ORCID: 0000-0001-9146-5564;² ORCID: 0000-0001-6275-691X;^{1, 2, 3, 4, 5} Горский Госагроуниверситет, Владикавказ, Россия

* Корреспондирующий автор (irina.schabanova[at]mail.ru)

Аннотация

В работе рассматривается оценка качества корнеплодов столовой свеклы и пряников, приготовленных сырцовым способом. В результате исследований определено содержание пищевых волокон в свекле, которое достигало – 2,5%, углеводов – 8,8%, пектиновых веществ – 1,2%. Свеклу добавляли в свежем натертом виде в количестве 5,0, 7,5 и 10 г взамен муки. Наибольшее содержание пищевых волокон в пряниках выявлено в третьем варианте – до 2,5%. Наилучшими по органолептической оценке отмечены пряничные изделия, приготовленные с добавлением 7,5 г свеклы (или 1,5% к общей массе муки). Внесение пищевых волокон свеклы при производстве пряников позволяет использовать данную продукцию в качестве функционального продукта.

Ключевые слова: свекла, физико-химические показатели, сырцовый способ, пищевые волокна, пряники, органолептическая оценка.

THE EFFECT OF BEET FIBER ON THE EVALUATION OF THE QUALITY OF GINGERBREAD

Research article

Shabanova I.A.^{1,*}, Tokhtieva L. Kh.², Tsugkieva V.B.³, Doev D.N.⁴, Datieva B.A.⁵¹ ORCID: 0000-0001-9146-5564;² ORCID: 0000-0001-6275-691X;^{1, 2, 3, 4, 5} Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

* Corresponding author (irina.schabanova[at]mail.ru)

Abstract

The article examines the assessment of the quality of table beet root crops and gingerbread prepared raw. The research determines the content of dietary fiber in beets, which reaches 2.5%, while the content of carbohydrates amounted to 8.8%, and pectin substances - 1.2%. Beetroot was added in fresh grated form in the amount of 5.0, 7.5 and 10 g instead of flour. The highest content of dietary fiber in gingerbread was revealed in the third variant - up to 2.5%. Gingerbread products prepared with the addition of 7.5 g of beetroot (or 1.5% of the total weight of flour) were the best in organoleptic evaluation. The introduction of beet fiber in the production of gingerbread makes it possible to use it as a functional product.

Keywords: beetroot, physicochemical parameters, raw method, dietary fiber, gingerbread, organoleptic evaluation.

Введение

Мучные кондитерские изделия занимают значительное место в питании населения. Особым спросом пользуются пряники. При этом они являются в основном источником углеводов и жиров. Для повышения пищевой и биологической ценности данных изделий включают различное растительное сырье, которое является источником незаменимых аминокислот, белков, например, всевозможные виды муки, полученные из зерновых культур [1, С. 6], бобовых, гречишных и других [2, С. 150]; полинасыщенных жирных кислот, например, подсолнечниковой муки или семян подсолнечника, масла горчичного [3, С. 64]; витаминов и минеральных веществ, например, семена амаранта, семена кунжута и других растительных добавок [4, С. 167; 5, 6], сушеные ягоды клюквы, черемухи, малины, пророщенные семена различных культур; растительных пищевых волокон, например, соевая окара [7, С. 182], пектиновые экстракты яблок, порошок томатов, всевозможные шроты и другие. Таким образом, растительные добавки многочисленны и разнообразны. Поэтому актуальным является снижение их сахароемкости и обогащение пряников различным по составу растительным сырьем.

В нашей работе предлагается обогащение пряников растительными пищевыми волокнами свеклы. Известно, что свекловичные пищевые волокна положительно влияют на реологические свойства пряничного теста без сахара [8, С. 44]. Для приготовления различных продуктов, в том числе и лечебных, свеклу используют в виде сухого порошка, так как она является источником антиоксидантов [9, С. 54]. Одно из характерных свойств свеклы – это ее отличная сохраняемость [10, С. 33]. Также известно, что в своем составе корнеплоды свеклы содержат макроэлементы. Наибольшее содержание отмечено у калия – до 288 мг%. Далее по убывающей, следуют кремний, натрий, фосфор, кальций (в мг%) - 79, 46, 43, 37 соответственно. Минимальное же содержание отмечено у магния – до 22 мг%. Среди микроэлементов больше всего в свекле содержится бора, рубидия и меди, которые отвечают за содержание углеводов и окраску корнеплодов. Кроме этого они богаты витаминами группы В, а также ниацином и витамином Е [11]. При этом следует отметить положительное влияние на организм человека перечисленных элементов и витаминов, в первую очередь, на сердечно-сосудистую систему. Пищевые волокна способствуют правильному пищеварению, снижают уровень холестерина низкой плотности, а также правильной перистальтике кишечника. В связи с чем, приготовление пряничных изделий с пищевыми волокнами свеклы можно отнести к продуктам функционального назначения.

Целью работы явилось изучение влияния пищевых волокон свеклы на оценку качества пряников. В задачи исследований входило определение физико-химических показателей свеклы и пряников, приготовление пряников сырцовым способом и определение показателей органолептической оценки приготовленных образцов.

Материал и методы исследований

Материалом исследований являлись – корнеплоды столовой свеклы и приготовленные пряники. Физико-химические показатели свеклы и пряников определяли согласно стандартным методикам. Определяли массовую долю сухих веществ (методом высушивания до постоянной массы), белковые вещества (титрометрическим методом, путем сжигания навески и перегонки в установке Кьельдаля), жир (весовым методом, путем экстрагирования и высушивания навески до постоянной массы), золу (весовым методом, сжиганием в муфельной печи при температуре 500-550 °С), пищевые волокна (весовым методом, путем отмывания в азотной и уксусной кислотах), общую кислотность (визуальным методом титрования, в пересчете на яблочную кислоту), массовую долю углеводов (цианидным методом с помощью титрования), крахмал (поляриметрическим методом по Эверсу), пектиновые вещества (весовым кальций-пектатным методом) [12].

Исследования по оценке качества свеклы и пряников, а также выпечка готовой продукции, проводили в учебных лабораториях - теххимического контроля сельскохозяйственной продукции и хлебопечения кафедры технологии производства, хранения и переработки продуктов растениеводства факультета Технологического менеджмента Горского ГАУ.

Пряники выпекались сырцовым способом. При данном способе все используемые ингредиенты замешиваются одновременно. В рецептуру пряничного теста входят – пшеничная мука 1 сорта [13, С. 51], сахарный песок, патока крахмальная, меланж, маргарин, гидрокарбонат натрия, карбонат аммония, питьевая вода. Все используемые ингредиенты по физико-химическим показателям соответствовали требованиям стандартов.

Варианты приготовления пряников:

Контрольный – приготовление теста по традиционной технологии без добавления свеклы;

Вариант 1 – такой же, как контрольный, при этом приготовление теста велось с добавлением 5 г натертой свеклы взамен пшеничной муки и сахара (или 1,0% к общей массе муки);

Вариант 2 – такой же, как контрольный, при этом приготовление теста велось с добавлением 7,5 г натертой свеклы взамен пшеничной муки и сахара (или 1,5% к общей массе муки);

Вариант 3 – такой же, как контрольный, при этом приготовление теста велось с добавлением 10 г натертой свеклы взамен пшеничной муки и сахара (или 2,0% к общей массе муки).

Рецептурный расчет сырья проводили аналогично методике приготовления пряников «Симферопольские». Рецептура пряничного теста в зависимости от вариантов приготовления приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура пряничного теста в зависимости от вариантов приготовления

Сырье	Контроль в г, на 1 кг сырья	Вариант 1 в г, на 1 кг сырья	Вариант 2 в г, на 1 кг сырья	Вариант 3 в г, на 1 кг сырья
Пшеничная мука 1 сорта	500	495	492,5	490
Сахарный песок	323,5	318,5	316	313,5
Патока крахмальная	55	55	55	55
Меланж	30	30	30	30
Маргарин	50	50	50	50
Гидрокарбонат натрия	1,5	1,5	1,5	1,5
Карбонат аммония	3,5	3,5	3,5	3,5
Вода	36,5	36,5	36,5	36,5
Свекла натертая	-	5	7,5	10
Итого	1000	995	992,5	990

В лабораторных условиях пряничное тесто готовили следующим образом. В контрольном варианте, так же как и в первом, втором и третьем вариантах сначала готовили сахарный сироп, растворением сахара при нагревании воды, в течение 8-10 мин, периодически перемешивая. Затем сиропу давали остыть до температуры – 18-20 °С. Далее к охлажденному сиропу добавляли патоку, размешивали до однородной консистенции и процеживали через марлю, туда же добавляли предварительно промятый маргарин, меланж и снова перемешивали до однородной консистенции. Все вносимые ингредиенты, имели температуру, не превышающую 20°С. Отдельно взвешенное количество просеянной пшеничной муки соединяли с гидрокарбонатом натрия и карбонатом аммония. Смешанную муку и разрыхлители постепенно добавляли к однородной густой, сахарной, жирной, подготовленной массе продуктов. Далее замешивали тесто, стараясь не допустить перемешивания, то есть не получить крутого теста. Полученное тесто имело рыхлую пластичную консистенцию. Влажность готового теста соответствовала - 24,5%. После этого из теста формовали шарики диаметром 5-6 см и выкладывали их на предварительно помазанный маргарином и посыпанной мукой противень для выпечки. Выпекали пряники при температуре 200 °С в течение 10 мин. Далее пряники вынимали из печи и охлаждали до температуры 20 °С.

В первом, втором и третьем вариантах замешивали тесто вместе с мукой, карбонатами и свеклой в последнюю очередь. Замес теста, также как и в контрольном варианте, проводили при температуре 20 °С с целью не допустить набухания белков муки. Таким образом, получали отдельно три варианта теста. Все дальнейшие технологические процессы велись аналогично контрольному образцу.

Чтобы продлить срок хранения пряников, приготовленных сырцовым способом, их покрывают глазировкой. Глазировку пряников получали сбиванием одного куриного белка с сахарным песком, взятым в количестве 50 г, до полного растворения сахара, миксером. После растворения сахара к жидкой глазировке добавляли 1 г лимонной кислоты для схватывания полученного раствора. После выпечки и охлаждения кисточкой поверхность пряников смазывали полученной глазировкой. Давали пряникам высохнуть. Технологическая схема производства пряников представлена на рисунке 1.

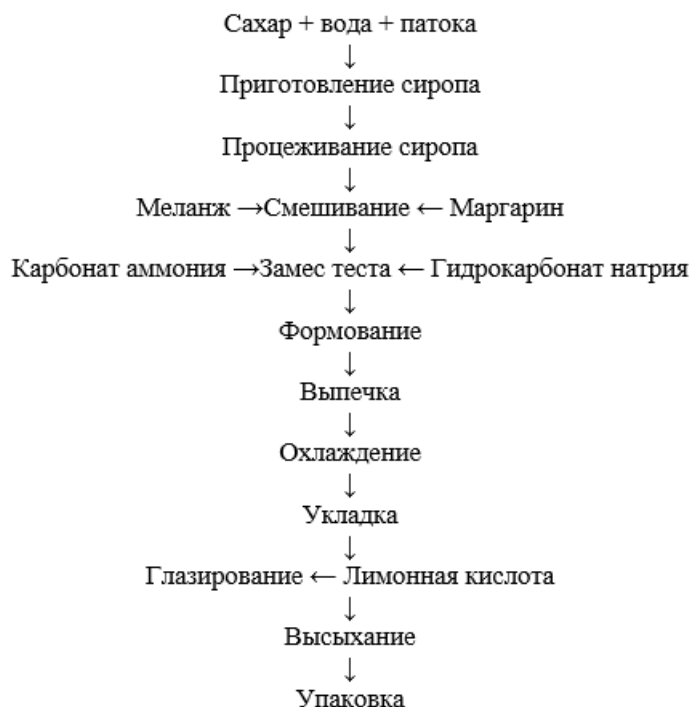


Рис. 1 – Технологическая схема производства пряников сырцовым способом

Коэффициент конкордации (W) для пряничных изделий первого, второго и третьего вариантов рассчитывали в зависимости от показателей органолептической оценки по формуле: $W = 12 \times S / m^2 \times (n^3 - n)$ (1), где S – сумма квадрата разности между $\sum a_{ij}$ и T_p , m – число экспертов в группе; n – число определяемых показателей, $\sum a_{ij}$ – сумма рангов по одному из приведенных показателей, T_p – средняя сумма рангов, которая рассчитывается по формуле: $T_p = m \times ((n + 1)/2)$ (2) [14, С. 65]. Число определяемых показателей (5) – это цвет, вкус и запах, структура, вид в изломе, форма и поверхность. Проверку значимости коэффициента конкордации проводили по критерию Пирсона (χ^2) по формуле: $\chi^2 = m \times (n - 1) \times W$ (3).

Результаты и их обсуждение

Анализ химического состава корнеплодов столовой свеклы выявил следующие физико-химические показатели. Объем выборки $n = 2$ (табл. 2).

Таблица 2 – Физико-химические показатели корнеплодов столовой свеклы

Показатель	Среднее значение
Массовая доля сухих веществ, %	14,0
Массовая доля белков, %	1,42
Массовая доля жира, %	0,11
Массовая доля золы, %	1,0
Массовая доля пищевых волокон, %	2,5
Массовая доля углеводов, %	
- сахарозы	8,4
- глюкозы	0,3
- фруктозы	0,1
Массовая доля крахмала, %	0,1
Массовая доля пектиновых веществ, %	1,2
Общая кислотность (в пересчете на яблочную кислоту), %	0,1

В результате исследований определено содержание пищевых волокон в свекле, которое составило – 2,5%.

Приготовленные пряники имели следующие средние значения физико-химических показателей. Объем выборки $n = 2$ (табл. 3).

Таблица 3 – Физико-химические показатели приготовленных пряников

Показатель	Контроль	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Влага, %	13,0	13,22	13,28	13,44
Белки, %	5,82	5,84	5,84	5,84
Жиры, %	3,40	3,44	3,44	3,46
Углеводы, %	76,0	71,0	69,2	66,8
Пищевые волокна, %	0,2	2,0	2,2	2,4
Общая кислотность (в пересчете на яблочную кислоту), %	1,6	1,6	1,8	1,8

Увеличение содержание влаги в пряниках первого, второго и третьего вариантов, в сравнении с контролем, объясняется увеличением дозировки добавляемой свеклы. Углеводы с увеличением дозировки свеклы уменьшались в пряничных изделиях. Согласно рецептуре, содержание сахара уменьшали с увеличением дозировки добавляемой свеклы, в связи с содержанием в составе свеклы общей суммы сахаров – до 8,8%. Пищевых свекловичных волокон больше всего отмечено в третьем варианте приготовленных пряников – 2,4%.

Из результатов опытов следует, что увеличение дозировки свеклы при приготовлении пряничного теста не повлияло на содержание белков и жиров. При этом содержание свекловичных волокон увеличилось. Физико-химические показатели четырех вариантов образцов приготовленных пряников соответствуют требованиям технических условий на изделия пряничные, приготовленных сырьевым способом, по таким показателям как содержание влаги и общей кислотности [15].

Органолептическая оценка исследуемых образцов пряников отличалась по вариантам приготовления. В контроле (без добавления свеклы) образцы пряничных изделий отмечены желто-коричневого цвета, со вкусом и запахом свойственные данной продукции с выраженным сладким вкусом и приятным ароматом, с мягкой, разрыхленной, не рассыпающейся структурой. Форма правильная, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью, без трещин. В первом варианте (при добавлении натертой свеклы 5 г взамен муки и сахара) образцы пряничных изделий отмечены светло-коричневого цвета, вкус и запах свойственные данной продукции, со слегка заметным привкусом и ароматом свеклы, с мягкой, разрыхленной, не рассыпающейся структурой. Форма правильная, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью без трещин. Данный образец был идентичен контрольному. Во втором варианте (при добавлении 7,5 г натертой свеклы взамен муки и сахара) образцы пряничных изделий отмечены коричневого цвета, вкус и запах свойственные пряничной продукции, с привкусом и ароматом свеклы, с мягкой, разрыхленной, не рассыпающейся структурой. Форма правильная, без вмятин, но наблюдались мелкие единичные трещинки на поверхности. В третьем варианте (при добавлении 10 г свеклы) пряничные изделия имели насыщенный темно-коричневый цвет. Вкус и запах – с менее выраженным сладким вкусом, однако присутствовал насыщенный привкус и аромат свеклы. Структура пряников была слегка уплотненная, при этом не рассыпающейся. Форма правильная, без вмятин, но наблюдались крупные трещины на поверхности. Все варианты приготовленных пряников на изломе отмечены пропеченными, с хорошо развитой пористостью, без пустот и следов непромеса. Глазированная поверхность – не липкая.

Таким образом, увеличение дозировки свеклы до 10 г в рецептуре пряничных изделий отрицательно отразилось на вкусе пряников (отмечен насыщенный вкус и аромат свеклы). Кроме этого, в данном варианте приготовленных пряников наблюдалось уплотнение структуры, и на поверхности были образованы крупные трещины. К наилучшим образцам пряников, согласно показателям органолептической оценки, можно отнести пряники, приготовленные с добавлением 7,5 г свеклы (или 1,5% к общей массе муки), несмотря на образовавшиеся мелкие единичные трещинки на поверхности. Также можно отметить, что благодаря пищевым волокнам свеклы в опытных вариантах, все пряники имели мягкую разрыхленную, не рассыпающуюся структуру. Форма пряников была правильной, не растекающейся. Это связано, скорей всего, за счет содержания пектиновых веществ в свекле, которые при взаимодействии с сахаром и пищевыми волокнами могли образовывать желеобразующий каркас.

Балльная оценка приготовленных пряничных изделий представлена на рисунке 1. Максимальную оценку за цвет, вкус и запах, структуру – 5 баллов имели пряничные изделия второго варианта, в сравнении с контролем – 4 балла. Минимальную оценку по данным показателям – 3 балла имели пряничные изделия третьего варианта. Вид в изломе во всех вариантах готовой продукции, в том числе и в контрольном оценен – 5 баллами. Форма и поверхность во втором варианте изделий оценена на 4 балла, в третьем – на 3 балла, в сравнении с контролем и первым вариантом – 5 баллов. Первый вариант пряничных изделий также как и контрольный, по всем показателям оценивались равными баллами.

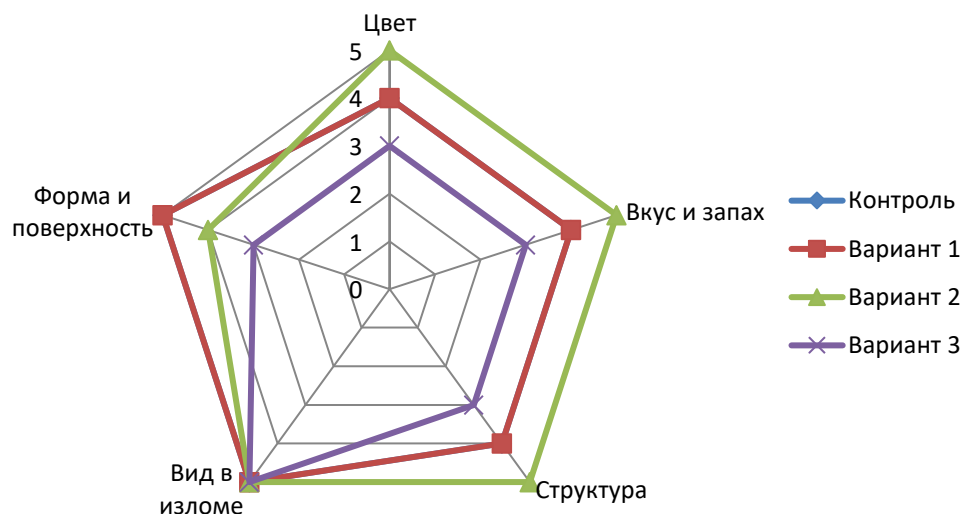


Рис. 1 – Балльная оценка пряничных изделий

Расчет коэффициента конкордации (W) приготовленных пряничных изделий первого, второго и третьего вариантов приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет коэффициента конкордации для пряничных изделий первого, второго и третьего вариантов

Эксперты	Цвет	Вкус и запах	Структура	Вид в изломе	Форма и поверхность	Сумма
1	5	5	5	5	5	
2	5	4	5	4	4	
3	4	4	4	5	5	
4	3	3	5	5	4	
5	4	5	4	5	3	
6	5	4	4	4	3	
7	3	3	5	5	3	
$\sum a_{ij}$	29	28	32	33	27	149
T_p	-	-	-	-	-	21
Разница между $\sum a_{ij}$ и T_p	8	7	11	12	6	-
Квадрат разницы	64	49	121	144	36	414
W	-	-	-	-	-	0,84

Примечание: 5 баллов – пряничные изделия свойственные готовой продукции с выраженным сладким вкусом и приятным ароматом, без постороннего привкуса и аромата, с мягкой разрыхленной, не рассыпающейся структурой, вид в изломе - пропеченные изделия, с хорошо развитой пористостью, без пустот и следов непромеса с правильной формой без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью без трещин. 4 балла – изделия свойственные готовой продукции с правильной формой без вмятин, с мелкими единичными трещинами на поверхности, с неравномерным цветом. 3 балла - изделия с преобладающими цветом, вкусом и запахом используемого ингредиента с правильной формой и крупными трещинами на поверхности. 2 балла - присутствие постороннего привкуса и запаха, со следами непромеса более 50%, с неравномерными цветом, формой и поверхностью. Таковых изделий на 2 балла не отмечено

Согласно таблице 4, сумма $\sum a_{ij}$ получена из показателей оценки 7 экспертов для каждого определяемого показателя. Среднюю сумму рангов T_p , рассчитывали по формуле (2), которая составила - 21. Далее определяли разницу между $\sum a_{ij}$ и T_p , а также квадрат разницы по каждому показателю или объекту. В результате суммы квадратов разницы получили показатель S, который равен - 414. Коэффициент конкордации (W), согласно формуле (1), был получен – 0,84. Это означает, что согласованность экспертов – достаточная, так как $W > 0,5$. Критерий Пирсона, рассчитывали по формуле (3), который равен был $\chi^2 = 7 \times (5 - 1) \times 0,84 = 23,52$. При доверительной вероятности $\alpha = 0,975$ и вычислении числа степеней свободы $V = n - 1 = 5 - 1 = 4$ по стандартной таблице квантилей χ^2 получаем число - 11,14. Таким образом, расчетный показатель Пирсона больше, чем табличный $23,52 > 11,14$. Следовательно, полученное значение коэффициента конкордации W можно считать значимым. Поэтому, производству кондитерских изделий может быть рекомендован новый вид пряничных изделий с пищевыми волокнами свеклы.

Заключение

Для приготовления пряников сырцовым способом использовали столовую свеклу с содержанием пищевых волокон – 2,5%. Наилучшими по органолептической оценке отмечены пряничные изделия, приготовленные с добавлением 7,5 г свеклы (или 1,5% к общей массе муки). С целью расширения ассортимента мучной кондитерской продукции рекомендуется приготовление пряников с использованием корнеплодов столовой свеклы в натуральном виде с целью обогащения их пищевыми волокнами и получения продукта функционального назначения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Щеголева И.Д. Производство сырцовых пряников из муки тритикале 96%-ного выхода / И.Д. Щеголева, Е.Н. Молчанова, Г.Е. Индисова и др. // Кондитерское производство. - 2016. - № 2. – С. 6-8.
2. Пахотина И.В. Пряничные изделия повышенной белковости из композитных смесей / И.В. Пахотина, Л.А. Зелова // Вестник Алтайского государственного университета. - 2017. - № 11 (157). – С. 150-155.
3. Пономарева Е.И. Нетрадиционное сырье для функциональных видов хлеба и пряников / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, А.В. Одинцова и др. // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития». – Екатеринбург. - 2015. - С. 64-67.
4. Санжаровская Н.С. Использование нетрадиционного сырья в технологии сырцовых пряников / Н.С. Санжаровская, Н.В. Сокол, О.П. Храпко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2018. - № 1 (136). - С.147-154.
5. Тохтиева Л.Х. Повышение лечебно-профилактического значения хлеба путем введения в рецептуру функциональных ингредиентов / Л.Х. Тохтиева, В.В. Келеева // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий. Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию Горского ГАУ. 2018. Владикавказ, 2018. С.127-129.
6. Тохтиева Л.Х. Использование корня лопуха в хлебопечении / Л.Х. Тохтиева Э.А. Тохтиева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2018. № 3 (9). С. 21-26.

7. Кодирова Г.Л. Вторичное соевое сырье как компонент в производстве мучных кондитерских изделий / Г.Л. Кодирова, Г.В. Кубанкова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2018. - № 6 (141). - С. 182-186.
8. Карачанская Т.А. Влияние свекловичных пищевых волокон на реологические свойства пряничного теста без сахара / Т.А. Карачанская, И.Б. Красина, Н.А. Тарасенко и др. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. - 2012. - № 5-6. - С. 44-45.
9. Демидова, Т.И. Биохимическая оценка порошковых продуктов из столовой свеклы / Т.И. Демидова // Пищевая промышленность. - 2010. - № 6. - С. 54-56.
10. Тохтиева Л.Х. Влияние сортовых особенностей корнеплодов столовой свеклы на их сохраняемость / Л.Х. Тохтиева, Э.А. Тохтиева // Известия Горского государственного аграрного университета. - Владикавказ.: ФГБОУ ВПО «Горский госагроуниверситет». - 2011. - Т.48. - № 2. - С. 33-36.
11. Скурихин И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. - М.: ДеЛи принт, 2007. - 276 с.
12. Шабанова, И.А. Практикум по «Технохимическому контролю сельскохозяйственного сырья и продуктов переработки» / И.А. Шабанова, Л.А. Кияшкина, В.Б. Цугкиева. - Владикавказ.: Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2019. - 144 с.
13. Шабанова И.А. Использование семян льна в производстве хлеба / И.А. Шабанова, Л.А. Кияшкина, Л.Н. Харченко // Технологии и продукты здорового питания. Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры «Технологии продуктов питания» 100-летию факультета ветеринарной медицины и биотехнологий. Под ред. И.В. Симаковой. - 2018. - С. 48-53.
14. Медведев П.В. Сенсорный анализ продовольственных товаров / Учебное пособие / П.В. Медведев, В.А. Федотов. - Оренбург, ОГУ, 2017. - 97 с.
15. ГОСТ 15810-2014 Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия. - М.: Стандартинформ, 2019.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shchegoleva I.D. Proizvodstvo syr'covykh pryanikov iz muki tritikale 96%-nogo vyhoda [The Production of Raw Gingerbread from Triticale Flour of 96% Yield] / I.D. Shchegoleva, E.N. Molchanova, G.E. Indisova et al. // Konditerskoe proizvodstvo [Confectionery production] 2016. - No. 2. - pp. 6-8. [in Russian]
2. Pahotina I.V. Pryanichnye izdeliya povyshennoj belkovosti iz kompozitnykh smesey [Gingerbread Products of Increased Protein Content from Composite Mixtures] / I.V. Pahotina, L.A. Zelova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Altai State University] 2017. - № 11 (157). - Pp. 150-155. [in Russian]
3. Ponomareva E.I. Netradicionnoe syr'e dlya funktsional'nykh vidov hleba i pryanikov [Unconventional Raw Materials for Functional Types of Bread and Gingerbread] / E.I. Ponomareva, S.I. Lukina, A.V. Odincova et al. // Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennoe hlebopekarnoe proizvodstvo: perspektivy razvitiya» [Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference "Modern bakery production: development prospects"] Yekaterinburg. - 2015. - pp. 64-67. [in Russian]
4. Sanzharovskaya N.S. Ispol'zovanie netraditsionnogo syr'ya v tekhnologii syr'covykh pryanikov [The Usage of Unconventional Raw Materials in the Technology of Raw Gingerbread] / N.S. Sanzharovskaya, N.V. Sokol, O.P. Hrapko // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University] 2018. - № 1 (136). - Pp.147-154. [in Russian]
5. Tokhtieva L.Kh. Povyshenie lechebno-profilakticheskogo znacheniya hleba putem vvedeniya v recepturu funktsional'nykh ingredientov [The Increase of the Therapeutic and Preventive Value of bread by Introducing Functional Ingredients into the Recipe] / L.Kh. Tokhtieva, V.V. Keleeva // Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa gornyykh i predgornyykh territoriy. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchyonnoy 100-letiyu Gorskogo GAU. 2018. Vladikavkaz, [Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex of mountainous and foothill territories. Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Gorsky GAU. 2018]. Vladikavkaz, 2018. pp.127-129. [in Russian]
6. Tokhtieva L.Kh. Ispol'zovanie kornya lopuha v hlebopechenii [The Use of Burdock Root in Baking] / L.Kh. Tokhtieva, E.A. Tokhtieva // Agropromyshlennyye tekhnologii Central'noy Rossii. [Agro-industrial technologies of Central Russia]. 2018. No. 3 (9). pp. 21-26. [in Russian]
7. Kodirova G.L. Vtorichnoe soevoye syr'e kak komponent v proizvodstve mучnykh konditerskiykh izdeliy [The Secondary Soy Raw Materials as a Component in the Production of Flour Confectionery Products] / G.L. Kodirova, G.V. Kubankova // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University] 2018. - № 6 (141). - Pp. 182-186. [in Russian]
8. Karachanskaya T.A. Vliyanie sveklovichnykh pishchevykh volokon na reologicheskiye svoystva pryanichnogo testa bez sahara [The Influence of Beet Fiber on the Rheological Properties of Gingerbread Dough Without Sugar] / T.A. Karachanskaya, I.B. Krasina, N.A. Tarasenko et al. // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya [News of universities. Food technology] 2012. - № 5-6. - Pp. 44-45. [in Russian]
9. Demidova, T.I. Biohimicheskaya ocenka poroshkovykh produktov iz stolovoy svekly [Biochemical Evaluation of Powdered Products from Table Beet] / T.I. Demidova // Pishchevaya promyshlennost' [Food industry] 2010. - № 6. - Pp. 54-56. [in Russian]
10. Tokhtieva L.Kh. Vliyanie sortovykh osobennostey korneplodov stolovoy svekly na ih sohranyaemost' [The Influence of Varietal Characteristics of Table Beet Root Crops on Their Preservation] / L.Kh. Tokhtieva, E.A. Tokhtieva // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - Vladikavkaz.: «Gorskiy gosagrouniversitet» [News of the Gorsky State Agrarian University. - Vladikavkaz.: Gorsky State Agrarian University] - 2011. - Vol.48. - No. 2. - pp. 33-36. - 2011. [in Russian]

11. Skurihin I.M. Tablicy himicheskogo sostava i kalorijnosti rossijskih produktov pitaniya [Tables of chemical composition and caloric content of Russian food products] / I.M. Skurihin, V.A. Tutel'yan. - M.: DeLi print, 2007. - 276 p. [in Russian]
12. Shabanova, I.A. Praktikum po «Tekhnohimicheskomu kontrolyu sel'skohozyajstvennogo syr'ya i produktov pererabotki» [Practicum on "Technochemical Control of Agricultural Raw Materials and Processed Products"] / I.A. Shabanova, L.A. Kiyashkina, V.B. Tsugkieva. –Vladikavkaz.: Publishing house of the Gorsky State Agrarian University, 2019. – 144 p. [in Russian]
13. Shabanova I.A. Ispol'zovanie semyan l'na v proizvodstve hleba [The use of flax seeds in bread production] / I.A. Shabanova, L.A. Kiyashkina, L.N. Harchenko // Tekhnologii i produkty zdorovogo pitaniya. Materialy H Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 20-letiyu kafedry «Tekhnologii produktov pitaniya» 100-letiyu fakul'teta veterinarnoj mediciny i biotekhnologij. [Technologies and healthy food products. Materials of the X International scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the Department of "Food Technology" 100th anniversary of the Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology. Edited by I.V. Simakova]. – 2018. – Pp. 48-53. [in Russian]
14. Medvedev P.V. Sensornyj analiz prodovol'stvennyh tovarov [Sensory Analysis of Food Products] /Uchebnoe posobie [Textbook] / P.V. Medvedev, V.A. Fedotov. Orenburg, OSU, 2017. - 97 p. [in Russian]
15. GOST 15810-2014 Izdeliya konditerskie. Izdeliya pryanichnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Confectionery Products. Gingerbread Products. General Technical Conditions]. – M.: Standartinform [Moscow: Standartinform], 2019. [in Russian]